

Д.М. Кабанов, С.М. Сакерин, С.А. Турчинович

ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ СТАНДАРТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

В сообщении приведено краткое описание автоматизированной установки для измерения продолжительности солнечного сияния, суммарной и рассеянной солнечной радиации. Рассмотрены результаты сопоставления с данными стандартного гелиографа.

При проведении исследований характеристик приходящей солнечной радиации – продолжительности солнечного сияния, часовых, дневных, месячных сумм потоков радиации, обычно применяются простые и надежные измерительные средства типа гелиографов и пиранометров [1]. Основной их недостаток – отсутствие автоматизации измерений (например, для поочередного измерения суммарного Q и рассеянного D излучения) и несовместимость с компьютером. При накоплении продолжительных рядов наблюдений указанный фактор становится существенным.

Кроме того, известным недостатком гелиографов является большая погрешность, особенно в облачную погоду, из-за грубости системы регистрации и субъективности определения длины прожогов на диаграммной ленте.

Опыт начатых в 1993 г. в Томске радиационных исследований [2] позволил выработать оптимальный подход к автоматизации наблюдений с использованием только одного измерителя. В качестве базовых средств были выбраны пиранометр М-80М и ПЭВМ IBM PC-386/387 с 10-разрядным аналого-цифровым преобразователем. Дополнительно была разработана простая электромеханическая приставка для регулярного автоматического затенения пиранометра от прямого солнечного излучения.

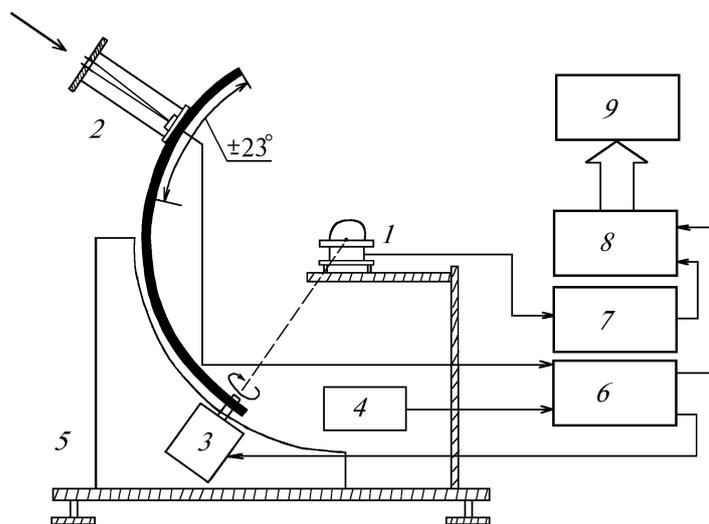


Рис. 1. Блок-схема устройства для автоматизированного измерения радиационных параметров: 1 – пиранометр М80-М, 2 – датчик Солнца с диафрагмой поля зрения и затеняющим экраном, 3 – электромеханический привод, 4 – концевой переключатель, 5 – стойка, 6 – блок управления и питания приставки, 7 – согласующий усилитель пиранометра, 8 – аналогоцифровой преобразователь, 9 – персональный компьютер IBM PC-386/387

Общий вид устройства приведен на рис. 1. Схема работает следующим образом.

Электромеханический привод 3 осуществляет непрерывное возвратное сканирование солнечного датчика 2 в плоскости небесного экватора между двумя (<восточный> и <западный>) концевыми переключателями 4. Установка датчика 2 на узле сканирования производится с учетом широты места наблюдений и склонения Солнца. При наличии открытого от облачности Солнца срабатывает пороговое устройство, останавливающее сканирование датчика 2 с тенью экраном на время задержки около 100 с, необходимое для установления показаний пиранометра. По окончании времени задержки вырабатывается командный сигнал на измерение потока рассеянной солнечной радиации D и возобновление сканирования. Измерение суммарной радиации Q производится после остановки датчика 2 (с временем задержки приблизительно 100 с) около <восточного> концевика.

Таким образом, устройство обеспечивает периодическое затенение пиранометра от Солнца и поочередное измерение потоков радиации Q и D . Кроме того, командные сигналы остановки датчика Солнца используются в качестве исходной информации для оценки продолжительности солнечного сияния S_s .

Описанное устройство имеет следующие основные характеристики:

Угол поля зрения датчика Солнца, град	1×6
Линейный угол затенения пиранометра экраном, град	10
Среднее время единичного цикла измерений, мин	3,9
Радиационный эквивалент порогового сигнала для срабатывания датчика Солнца, кал/см ² · мин ..	$0,2 \div 0,3$

В процессе работы устройства формируются три файла данных с привязкой к реальному времени: мгновенные значения суммарной, рассеянной радиации и продолжительности солнечного сияния. В дальнейшем не представляет труда рассчитать суммы потоков радиации за любой заданный промежуток времени.

Для испытаний автоматизированного измерителя и исследований изменчивости радиационных характеристик был проведен десятидневный цикл измерений на научной базе Института оптики атмосферы в районе п. Киреевск.

На рис. 2 приведен компьютерный график, иллюстрирующий результаты измерений потоков Q , D для второй половины дня 27 июля 1994 г. Для оценки данных о продолжительности солнечного сияния, параллельно с автоматическими, проводились измерения S_s стандартным гелиографом ГУ-1. В таблице и на рис. 3 приведены результаты сопоставления S_s , измеренных двумя методами.

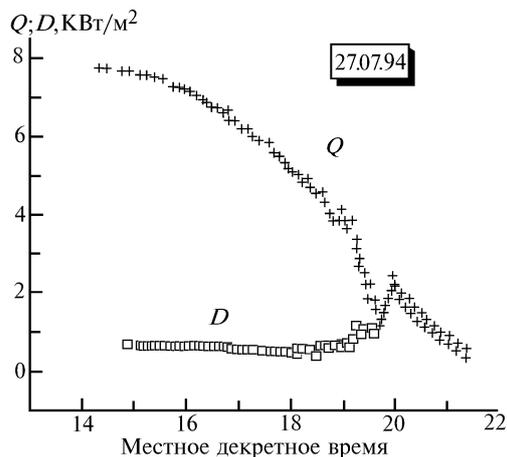


Рис. 2. Временная изменчивость потоков суммарной Q и рассеянной D радиации для 27 июля 1994 г.

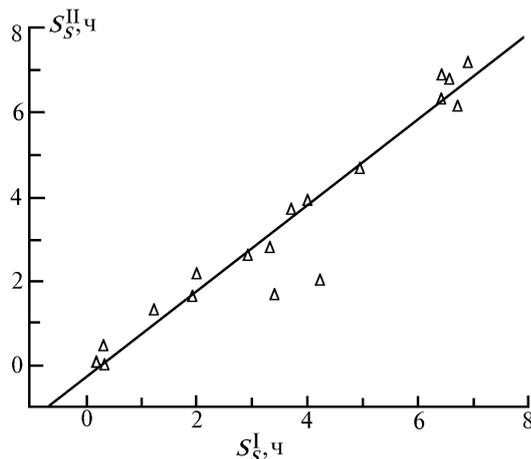


Рис. 3. Взаимосвязь продолжительности солнечного сияния измеренной гелиографом S_s^I и автоматизированной установкой S_s^{II}

Прежде чем рассмотреть различия данных, обратим внимание на две особенности гелиографических измерений.

Во-первых, регистрация S_s (прожог диаграммной ленты) осуществляется даже при перекрытии Солнца легкой полупрозрачной облачностью, т.е. при строгом определении гелиографом измеряется не истинная продолжительность солнечного сияния (открытое от облачности Солнце), а время, в течение которого фокусируемая прямая радиация превышает порог $0,15 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$ [1, 3]. Рассматриваемая в сообщении установка, в принципе, могла бы быть настроена по более точному критерию, исключаящему случаи полупрозрачной облачности. Но при этом пришлось бы отойти от общепринятого подхода к определению S_s и расчетных формул, связывающих величину S_s с потоками суммарной радиации [3].

Дата (1994)	Продолжительность дня, ч	Продолжительность солнечного сияния, ч						Балл облачности в период наблюдений
		Гелиограф S_s^I			Автоматический измеритель S_s^{II}			
		Весь день	I пол.	II пол.	Весь день	I пол.	II пол.	
19.07	16,70	6	4,0	2,0	6,054	3,908	2,146	8 – 9 временами дождь
20.07	16,62	7,5	4,2	3,3	4,827	2,014	2,813	5 – 10 временами дождь
21.07	16,57	6,6	2,9	3,7	6,315	2,613	3,702	6 – 8
22.07	16,52	3,1	1,9	1,2	2,265	1,654	1,311	8 – 10 временами дождь
23.07	16,47	0,5	0,2	0,3	0,525	0,075	0,45	9 – 10
24.07	16,42	3,7	0,3	3,4	1,671	0	1,671	4 – 8
25.07	16,35	13,1	6,7	6,4	13,015	6,14	6,875	1 – 3
26.07	16,30	13,4	6,5	6,9	14,0	6,833	7,167	1 – 4
27.07	16,23	11,3	6,4	4,9	10,985	6,311	4,674	1 – 4

Второй особенностью гелиографов Кемпбелла–Стокса является нечувствительность к кратковременным (до нескольких минут) перекрытиям Солнца облачностью. Прожог ленты в этом случае остается непрерывным, а значения S_s становятся завышенными. Такие ситуации наблюдались, в частности, 20 и 24 июля. Различия величин S_s с автоматизированными измерениями здесь максимальные.

Регрессионное уравнение, коэффициент корреляции R и среднеквадратическое отклонение σ для полученных данных имеют следующий вид:

$$S_s^{II} = (0,316 \pm 0,310) + (1,013 \pm 0,072) S_s^I;$$

$$R = 0,961; \sigma = 0,697; N = 18.$$

Результаты испытаний показали эффективность работы автоматизированной установки, заключающуюся в более высокой точности и оперативности получения данных.

К недостаткам разработанного устройства можно отнести наличие постоянно работающего электропривода и несколько завышенную продолжительность измерительного цикла. Последнее обстоятельство может приводить к увеличению погрешности в условиях переменной облачности. Приведенные недостатки могут быть легко устранены, так как являются следствием только совмещения двух измерителей, один из которых – пиранометр – инерционный.

1. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 392 с.
2. Кабанов Д.М., Сакерин С.М., Турчинович С.А. // 1-й Межреспубликанский симпозиум <Оптика атмосферы и океана> (Тезисы докл.). Томск: Изд-во ТНЦ СО РАН, 1994. С. 198–199.
3. Русин Н.П. Прикладная актинометрия. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 232 с.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
29 августа 1994 г.

D.M. Kabanov, S.M. Sakerin, S.A. Turchinovich. On Automatization of Measurement of Solar Radiation Standard Parameters.

An automated setup for measuring both sunshine duration and total and scattered solar radiation is briefly described in the paper. The obtained measurement results are compared with standard heliograph data.