

АЭРОДРОМНЫЙ ДАТЧИК ЯРКОСТИ ФОНА

О. А. ВОЛКОВ¹, А. В. ДЕМИН², К. В. КОНСТАНТИНОВ¹

¹АО „ЛОМО“, 194044, Санкт-Петербург, Россия

²Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: dav_60@mail.ru

Рассмотрены принципы построения аэродромного датчика яркости фона и особенности его структурной и оптической схем. Изложен порядок проверки и контроля датчика яркости фона, приведен расчет его погрешности и рассмотрены основные составляющие погрешности.

Ключевые слова: датчик яркости фона, аэродром, погрешность измерений.

Дальность видимости (ДВ) на взлетно-посадочной полосе (ВВП) оценивается по дальности видимости маркировки покрытия полосы и дальности видимости огней аэродромной светосигнальной системы.

При использовании инструментальных средств ДВ маркировки покрытия ВПП в светлое время суток соответствует метеорологической оптической дальности, измеренной прибором. В темное время суток и при неблагоприятных метеорологических условиях (дымка, туман, дождь, снегопад, мгла, пыльная буря и др.) значения метеорологической оптической дальности характеризуют ДВ маркировки ВПП при условии повышения освещенности до уровня дневной.

Для того чтобы огни аэродромной светосигнальной системы были видны, их интенсивность должна превышать порог освещенности. Величина порога освещенности непостоянная и зависит не только от силы света огня, но и от освещенности или яркости фона, на котором виден огонь. В международной практике измерение яркости фона производится путем непосредственного измерения освещенности в северной части небосвода, прилегающего к горизонту (в пределах 10°) при отсутствии влияния прямых солнечных лучей и огней ВВП. Диапазон измерения яркости фона у горизонта в течение суток при различных метеоусловиях составляет от 10 до 30 000 кд/м² [1, 2].

В настоящее время в аэропортах Российской Федерации применяются два метода учета яркости фона при определении дальности видимости:

— при отсутствии средств измерения яркости фона значение порога освещенности выбирается в зависимости от времени суток (день/ночь), что приводит к значительным погрешностям (от 15 до 30 %) при вычислении дальности видимости;

— при наличии возможности измерения яркости фона (т.е. наличии в составе измерительного оборудования датчика яркости) переход с одного порога освещенности на другой осуществляется автоматически по результатам текущих измерений с использованием соответствующих градуаций (см. таблицу); в результате точность вычисления дальности видимости составляет не менее 10 % [3].

Состав и конструкция разработанного на АО „ЛОМО“ аэродромного датчика яркости фона представлена на рис. 1

Конструктивно датчик выполнен в виде двух блоков, заключенных в герметичный кожух. Аэродромный датчик яркости фона подключается к сети 220 В, 50 Гц. Результаты измерения передаются по двухпроводной линии связи в стандарте RS-485 на аэродромные метеорологические станции.

Условия	Порог освещенности, лк (для светосигнальных систем)	Яркость фона, кд/м ²
Ночь	$10^{-6,1}$	До 9
	$10^{-5,8}$	10—24
	$10^{-5,5}$	25—49
	$10^{-5,3}$	50—72
Переходный период (сумерки)	$10^{-5,0}$	73—157
	$10^{-4,8}$	158—255
	$10^{-4,5}$	256—578
	$10^{-4,3}$	579—971
День — пасмурно (сплошная кучево-дождевая и/или слоисто-дождевая облачность)	$10^{-4,0}$	972—2117
	$10^{-3,5}$	2118—7753
День	$10^{-3,3}$	7754—12996
	$10^{-3,0}$	12997—28393

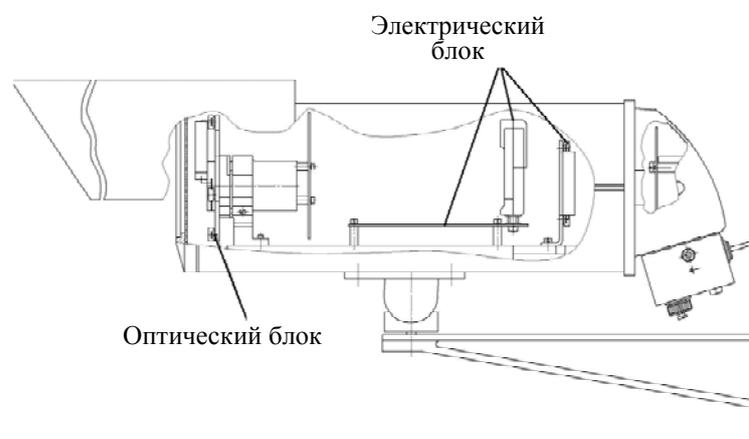


Рис. 1

Особенностью построения оптической схемы аэродромного датчика яркости фона является необходимость учета углового поля зрения прибора, которое не должно превышать 6° , так как яркость неба при больших углах существенно отличается от яркости дымки, находящейся между объектом наблюдения и наблюдателем. Яркость дымки величина непостоянная, в связи с чем возникают ошибки в измерениях [4]. Спектральный диапазон должен совпадать с видимым диапазоном длин волн 400...700 нм при максимуме пропускания 546 нм.

Оптическая схема датчика представлена на рис. 2.

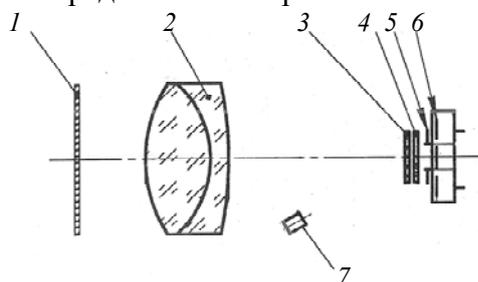


Рис. 2

Оптический поток Φ через защитное стекло 1 поступает на объектив 2, который фокусирует поток через светофильтры 3, 4 в плоскость диафрагмы 5. Пройдя диафрагму, поток засвечивает фотоприемник 6, с выхода которого электрические сигналы поступают на усилитель измерительного модуля. Светофильтры 3, 4 визуального диапазона обеспечивают измерения яркости фона. Вне оптического потока установлен светодиод 7 белого света, сигналы которого позволяют проверять работоспособность датчика.

Оценка погрешности аэродромного датчика яркости фона производится последовательным проведением испытаний.

Измерить относительную спектральную чувствительность проверяемого датчика в диапазоне спектра 380—780 нм возможно с помощью установки, в состав которой входят компаратор-монохроматор и группа аттестованных средств измерений. Погрешность спектральной чувствительности ($\theta_{сп}$) не должна превышать $\pm 4\%$.

Для градуировки датчика необходимо измерить значение яркости молочного стекла, сформированное эталонным источником излучения. Затем вместо эталонного источника устанавливается аэродромный датчик яркости фона и снимаются его показания. При расхождении показаний эталонного и аэродромного датчиков более чем на $\pm 5\%$ в систему регистрации последнего вводится градуировочный коэффициент. Отклонение показаний исследуемого датчика от показаний эталонного и есть погрешность градуировки $\theta_{гр}$. Для подтверждения результатов измерения следует повторить два раза.

Проверка линейности проводится посредством введения в световой поток нейтральных светофильтров с известными коэффициентами пропускания. Погрешность, вызванная отклонением чувствительности фотоприемного устройства аэродромного датчика от линейности ($Q_{л}$) в измерительном диапазоне 10...50 000 кд/м², не должна превышать $\pm 3\%$.

Таким образом, расчет погрешности осуществляется по формуле

$$\delta = 1,1\sqrt{\theta_{гр}^2 + \theta_{л}^2 + \theta_{сп}^2}.$$

Разработанный аэродромный датчик яркости фона имеет следующие технические характеристики.

Диапазон измерения яркости, кд/м ²	10...50 000
Основная абсолютная погрешность измерения яркости, %.....	10
Спектральная характеристика, нм.....	400—700
Масса, кг.....	4,5
Габариты, мм.....	510×170×205

В настоящее время АО „ЛОМО“ является единственным предприятием в России, серийно выпускающим датчик яркости фона для нужд аэродромов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по определению дальности видимости на ВПП, РД 52.21.2005.
2. Авиационные правила Ч. 170 Т. II. Сертификационные требования к оборудованию аэродромов и воздушных трасс, 2003. 179 с.
3. [Электронный ресурс]: < <http://www.heuristic.su/effects/catalog/tech/byId/description/1035/index.html/>>.
4. Гаврилов В. А. Видимость в атмосфере. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 313 с.

Сведения об авторах

Олег Алексеевич Волков

Анатолий Владимирович Демин

— канд. техн. наук; АО „ЛОМО“; зам. начальника СКБ
— д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, кафедра оптико-цифровых систем и технологий;
E-mail: dav_60@mail.ru

Константин Владимирович Константинов

— канд. техн. наук; АО „ЛОМО“; начальник оптико-электронного отделения

Рекомендована кафедрой оптико-цифровых систем и технологий

Поступила в редакцию 31.08.15 г.

Ссылка для цитирования: Волков О. А., Демин А. В., Константинов К. В. Аэродромный датчик яркости фона // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 11. С. 878—881.

AIRFIELD SENSOR OF THE BACKGROUND BRIGHTNESS

O. A. Volkov¹, A. V. Demin², K. V. Konstantinov¹¹LOMO JSC, 194044, St. Petersburg, Russia²ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

E-mail: dav_60@mail.ru

Principles of construction and peculiarities of structure and optical scheme of airfield brightness sensor are considered. Procedure of the sensor testing and checking is described. The sensor accuracy is estimated, components of the measurement errors are analyzed.

Keywords: background brightness sensor, airfield, measurement error.

Data on authors**Oleg A. Volkov**

— PhD; LOMO JSC, Independent Design Bureau, Deputy Director

Anatoly V. Demin

— Dr. Sci., Professor; ITMO University, Department of Optical and Digital Systems and Technologies; E-mail: dav_60@mail.ru

Konstantin V. Konstantinov

— PhD; LOMO JSC, Department of Optical Electronics, Head of the Department

For citation: Volkov O. A., Demin A. V., Konstantinov K. V. Airfield sensor of the background brightness // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroenie. 2015. Vol. 58, N 11. P. 878—881 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-11-878-881