

Рукопись. 1942г. Группа спецработ ОГГИ Акад. Наук.

ОБЪЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КОНСТРУКЦИИ УПРОЩЕННОГО ФОТОМЕТРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

К.П.Флоренский

Основными требованиями, предъявляемыми к приборам для работы в полевых условиях, являются надежность конструкции и простота пользования прибором, при полной портативности его. Это удастся достигнуть при специфичности условий применения прибора. При этом получение точности измерений большей, чем это требуется для практических целей, или бесполезно, или даже вредно, так как заметно отражается на удобстве пользования прибором. Для научного же изучения явления точность наблюдений никогда не может быть лишней, и конструирование приборов максимальной точности служит залогом для дальнейшего расширения и углубления практических задач.

Конструкция упрощенного фотометра преследует чисто практические цели с указанными оговорками о пределах точности прибора.

В основу визуального фотометра может быть положено или сравнение с эталоном постоянной яркости, и тогда мы получим ответ в люксах или стильбах, или с яркостью белой пластинки, помещенной в сходные с объектом условия освещенности, и тогда мы получаем относительную величину, характеризующую «степень белизны», т. е. коэффициент отражательной способности данной поверхности.

Помимо поставленной задачи и применимость этих методов различна.

Первый принцип широко используется в лабораторной практике, но мало применим в полевых условиях вследствие весьма значительных колебаний в освещенности объектов в различное время и получения трудно сравниваемых результатов измерений.

Второй принцип позволяет сравнивать между собою результаты, полученные при разнообразном освещении, и поэтому применимость его значительно шире. Перейти от коэффициента отражения к освещенности поверхности при заданных условиях освещения значительно проще, да и вряд ли понадобится в конкретной практической работе.

Предполагаемый нами визуальный фотометр основан на принципе сравнения яркости испытуемой поверхности или фона с яркостью белой гипсовой пластинки.

Так как фотометр предназначен для изучения яркости освещенных (светящихся) поверхностей, а не светящихся точек, выбор точки наблюдения теряет решающее значение вследствие того, что к светящимся поверхностям не применимы ни закон «квадратов расстояний», ни закон «косинусов» Ламберта, т. е. кажущаяся яркость матовой поверхности остается постоянной независимо от точки зрения на нее.

Решающими являются положение поверхности относительно источника света (солнца), свойства самой поверхности и влияние прозрачности атмосферы при наблюдении с больших расстояний. В случае наличия зеркального отражения у данной поверхности последнее должно быть промерено наблюдением под разными углами к ней.

Для помещения эталонной белой пластинки фотометра в одинаковые условия освещения с испытуемой поверхностью белая пластинка фотометра устанавливается (на глаз) параллельно испытуемой поверхности.

Ошибка, получаемая при недостаточно точной установке пластинки, достигает заметной величины лишь при освещенности поверхности прямым солнечным светом под сильно косым углом. По мере увеличения степени диффузного, рассеянного освещения (облачность) ошибка резко снижается.

Фотометр снабжен и простейшим угломерным приспособлением для измерения углов освещения, направления на местности и т. д., состоящим из маленькой буссоли для горизонтальных углов и отвеса для измерения углов вертикальных.

Основным действующим звеном фотометра является укороченный ромб Альбрехта, изготавливаемый для колориметров Дюбюека и позволяющий получить изображение двух сравниваемых полей в непосредственной близости друг к другу.

По закону Вебера-Фехнера глаз хорошего наблюдателя в состоянии заметить разницу в освещенности полей около 1%, что и является пределом точности фотометров такого типа.

Результативная точность наблюдения зависит от условий работы и суммируется при взаимодействии разных факторов.

Можно предполагать, что средняя вероятностная ошибка не будет превосходить 5% от наблюдаемой величины.

Фотометр предназначен для работы под открытым небом с обыкновенного фотографического штатива, но может применяться и с руки или любого упора для ускоренной, ориентировочной оценки яркости.

Наибольшее расстояние для наблюдения вполне горизонтального участка поверхности в прямом солнечном свете определяется углом, при котором сохраняется

горизонтальность пластинки фотометра, и при высоте наблюдателя около 1,5 м лежит от него на 10 м. Расстояние до наклонных и вертикальных поверхностей определяется степенью их видимости под достаточным углом (около 5%), что дает возможность наблюдения многих объектов с расстояний до нескольких сот метров.

Освещенность может колебаться в широких пределах.

Работа фотометра должна протекать в тех же условиях освещения эталонной пластинки, в которых находится изучаемая поверхность, т. е. надо следить, чтобы тень от наблюдателя не падала на эталонную пластинку, при работе в лесу надо соблюдать густоту тени, в которой находится фотометр и испытуемый объект и т. д. Нельзя работать при искусственном освещении, а также из окна здания и т. п.

Фотометр этого типа позволяет решать следующие задачи.

1. Определение яркости испытуемой поверхности и фона по сравнению с белой поверхностью в сходных условиях, т. е. определять «степень белизны» или коэффициент отражения данной поверхности.

2. Определение степени «зеркальности» поверхности при условии наблюдений с разных точек зрения и построение кривой отражения в зависимости от угла падения света.

3. Получить кривую спектрального отражения при работе с набором светофильтров с узкими полосами пропускания, прилагаемыми к фотометру, т. е. получить цветовую характеристику фона или поверхности.

Описание прибора.

Фотометр является портативным «карманным» прибором и имеет размеры 65 x 30 x 160 мм. Для точной работы он нуждается в фотографическом штативе, снабженном винтом стандартной нарезки. При работе с буссолью недопустимо близкое соседство прибора с железными предметами.

Корпус фотометра изготовлен из цветного металла, а при массовом производстве может быть выштампован из пластмассы.

Основная часть фотометра — ромб Альбрехта, взят от колориметра Дюбюека, которые изготавливаются на наших оптических заводах. Изображение полей сравнения рассматривается также через колориметрический окуляр. Мы не приводим здесь расчетов оптической системы, т. к. их можно найти в соответствующих справочниках (смотри, например, Справочник оптико-механика, т. 1, ОНТИ, 1936).

Колориметрический окуляр позволяет с практически достаточной точностью получать однородное поле сравнения при направленности фотометра на предмет, удаленный свыше 1 м от окуляра. Темный угол наблюдения не превышает при этом 2° , что дает возможность измерять яркость малых поверхностей.

Сравнение яркости испытываемой поверхности фона производится с яркостью белой матовой гипсовой пластинки, имеющей коэффициент диффузного отражения около 95%. Пластика помещается на конце откидывающейся выдвижной рейки и в рабочем состоянии находится на 100–110 мм от входного зрачка фотометра. Для установления в нужном положении пластинка размером 40 x 30 мм имеет вращение вокруг двух взаимно перпендикулярных осей. При вращении вокруг одной оси пластинка не выходит из поля зрения до угла около 10° с визирной линией прибора, а при вращении вокруг другой — до 30° . Так как фотометр может работать в любом положении, такая степень свободы движения пластинки достаточно обеспечивает возможности прибора.

Затемнение более яркого поля сравнения производится при помощи нейтрального серого клина Гольдберга длиной в 30 мм с константой в 3,50% на 1 см. Такая константа дает возможность получить отсчет с точностью до 1% при передвижении клина на 3 мм, что легко достигается с помощью небольшой кремальеры, передвигающей клин. Для получения вполне однородного поля сравнения в фотометре установлен постоянный обратный клин с той же константой.

Для получения более грубых величин дополнительно к клину Гольдберга вводится ступенчатый клин, позволяющий сравнивать любые степени яркости. Ступенчатый клин на модели фотометра оформлен в виде двух реек, длиной в 95 и 80 мм. Рейка с константами пропускания от 10 до 50% предназначена для большинства природных поверхностей, а рейка с константами пропускания от 60 до 90% будет употребляться при фотометрии очень светлых и белых объектов. Рейка может заменять произвольное поле фотометра, что позволяет измерять любое соотношение яркостей.

Для получения кривой спектрального отражения измерения производятся через серию светофильтров с узкими полосами пропускания. Светофильтры смонтированы также на рейке и вставляются в окуляр.

Все три рейки удобно вкладываются в специальные гнезда, устроенные по длине корпуса фотометра.

В дальнейшем возможна револьверная конструкция ступенчатого клина и светофильтров.

Направление линии визирования определяется диоптрами, укрепленными на корпусе прибора. Фиксация положения фотометра может производиться при помощи маленькой буссоли, позволяющей измерять горизонтальные углы с точностью до 2° , и качающегося отвеса, измеряющего вертикальные углы.

Точность работы фотометра определяется условиями освещения и достигает наибольшей величины при работе в рассеянном дневном свете в пасмурную погоду. Наименьшая точность

соответствует прямому солнечному освещению под сильно косыми углами к изучаемой поверхности, что может иметь место в вечерние и утренние часы.