

СВЕТООТРАЖАЮЩИЕ МАРКИ И РЕЙКИ

А. КИШШ

Институт Геодезии, Кафедра Общей Геодезии Будапештского Технического Университета

(Поступило: 1 октября 1974 г.)

Представлено: д-р П. Биро

Инженерам-геодезистам всё больше измерений и разбивок приходится делать в туннеле или в шахте в темноте. Измерения в темноте требуют большего снаряжения, больше помощников и больше материальных затрат. Каждая приборостроительная фабрика старалась изготовить марки годные и к ночным измерениям. Но для ночного применения реек ещё почти не разработаны подходящие методы.

Ретро-рефлексионные поверхности и для марок и для делений реек создают хорошие возможности. Для оценки этих возможностей нам необходимо познакомиться с природой этого отражения и надо исследовать ретро-рефлексионные поверхности.

Ретро-рефлексия — это такое отражение света, при котором направление отражённого света параллельно падающему и независимо в известных пределах от угла падения. Осуществить это явление возможно по-разному. Случай прямоугольной призмы представлен на рис. 1. При вращении прямо-

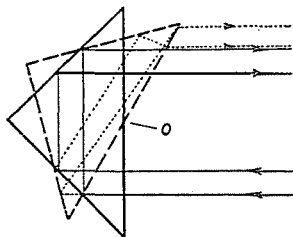


Рис. 1

угольной призмы вокруг оси «О», перпендикулярной плоскости чертежа, входящий и выходящий лучи параллельны. Для вращения вокруг любой оси необходимо иметь три взаимно перпендикулярных отражающих поверхности. В отражателях светодальномеров используются именно такие призмы. Ретро-рефлексию можно наблюдать ещё в случае стоп-сигналов машин и слоя, состоящего из микроскопических стеклянных шариков, который мы называем

рефлексным слоем. Положительным свойством рефлексного слоя является тот факт, что его можно наблюдать и при свете, идущем от инструмента, и при естественном освещении, в виду того, что его структура похожа на рассеяно-отражающие поверхности. В результате этого этот слой можно применять и в темноте, и при естественном освещении вместо рассеяно-отражающих материалов. Рефлексные материалы со стеклянными шариками изготавливаются в разных цветах в виде плёнок и покрытий. Общее построение рефлексного слоя представлено на рис. 2.

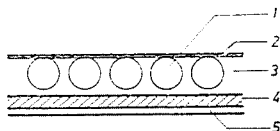


Рис. 2. 1 — стеклянные шарики; 2 — лак покрытия; 3 — связывающий лак; 4 — распределительный слой; 5 — светоотражающая плёнка

Исследование рефлексных плёнок разделили на две фазы. Сначала определили те характерные показатели материалов, которые важны с точки зрения наблюдения, потом проводили исследования при лабораторных и промышленных измерениях с марками и рейками, изготовленными из рефлексной плёнки.

При наших исследованиях использовали белую и красную рефлексные плёнки, изготовленные фирмой ЗМ (Minnesota Mining and Manufacturing). В первой фазе наших опытов исследовали только белую плёнку. Основным материалом марок и реек, созданных нами позже, была тоже белая рефлексная плёнка, но здесь уже совмещали её с красной рефлексной плёнкой, а также чёрными поверхностями и делениями. В качестве источника света использовали лазер, карманный фонарь, прикрепляемый магнитом к инструменту, и светильник-насадку собственного изготовления. К светильнику-насадке использовали аккумуляторный набор центрирующего устройства завода МОМ.

Основные физические показатели рефлексной плёнки

Величину отражённой энергии, а также её потери в зависимости от расстояния в случае лазера, измеряли измерителем силы освещённости и при рефлексной плёнке, и при рассеивающей белой поверхности с показателем плотности света 89,2%, которую мы использовали в качестве эталона. Показатель плотности света эталонной поверхности приблизительно равнялся показателю плотности света белых поверхностей, используемых в практике марок.

Лазерный луч, впадающий перпендикулярно, имел силу освещения 325 люкс. Силу отражённого луча измеряли по прямой, перпендикулярной падающему лучу и идущей на расстоянии 2,5 см от него. Измерения производили на различных расстояниях от отражающих поверхностей. Результаты наших измерений представлены в таблице № I и на рис. 3.

Полученная кривая хорошо характеризует рефлексный материал как в абсолютном, так и в относительном понятии. Кривая рефлексного материала свидетельствует о том, что потери отражённого света в зависимости от рас-

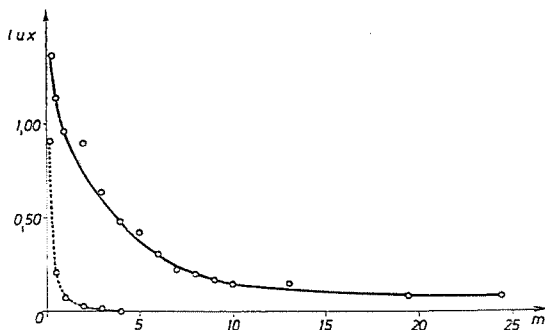


Рис. 3

стояния не настолько велики, как в случае рассеивающих материалов. При данном освещении на расстоянии свыше 6 м кривая становится почти параллельной оси системы координат, т. к. с увеличением расстояния потери света очень мало увеличиваются. И так освещение даже на расстоянии 24,5 м равнялось 0,08 люкс, а это расстояние приблизительно равно расстоянию инструмента и рейки в нивелировании высших классов. А освещение в 0,08 люкс достаточно для различения цветов.

В следующей фазе исследований вместе фотографировали с расстояния 4,5 м эталонную поверхность размером 20×30 см и такой же величины белую рефлексную плёнку. Направление освещения было перпендикулярным к исследуемым поверхностям, направление съёмки отличалось от него на $0,9^\circ$.

На фотографической плёнке величина почернения зависит от падающего на неё количества света. Количество света (экспозиция) равняется произведению яркости и времени освещения. В нашем случае яркость всегда одинакова, изменяем только время освещения. На фотоплёнке сравнили, что почернение эталонной поверхности между какими величинами почернения от рефлексной плёнки находятся. Выписав времена освещения, соответствующих почернению, получили таблицу № II. В ней мы видим, что почернение эталонной поверхности, полученное при освещении 2° сек., находится между почернениями рефлексной плёнки, полученными при освещении 2^{-6} и 2^{-7} сек., геометрическая средняя которых равняется $1/90$ сек. В результате

наших исследований можно сделать вывод, что величины отражённой энергии с разных поверхностей относятся друг к другу как 1 : 90.

Этот показатель соответствует $0,9^\circ$ отклонения. Для сравнения заметили, что по сведениям Лондонского филиала фирмы ЗМ, их белый материал № 3280 при угле падения 0° и при 20 минутном отклонении отражает в 110 раз больше света, чем эталонная поверхность, покрытая MgO.

Таблица II

Времена экспозиции, относящиеся к одинаковым почернениям			
№ плёнки	Эталонная поверхность (сек)	Рефлексная поверхность (сек)	
		от	до
I.	2^3	2^{-3}	2^{-4}
	2^2	2^{-4}	2^{-5}
	2^0	2^{-6}	2^{-7}
II.	2^2	2^{-4}	2^{-5}
	2^1	2^{-5}	2^{-6}
	2^0	2^{-6}	2^{-7}
среднее	2^0	2^{-6}	2^{-7}

Таблица III

Угол падения	Сила света (деления)
0	32,5
10	32,5
20	32,2
30	28,0
40	18,0
50	8,0
60	3,2
70	1,8
80	0,8

Влияние угла падения светового пучка на силу отражённого света измеряли контрольным прибором геодинетра NASM-6(AGA) с расстояния 20 метров, где влиянием рассеянно-отражённого света можно было пренебрегать. Результаты этих измерений приводятся в таблице № III, где величины силы света выражены относительными показателями в угловых единицах.

Из вышесказанного видно, что плоские марки, покрытые рефлексной плёнкой, не надо очень точно устанавливать перпендикулярно к визирной оси, а также то, что рефлексная плёнка может быть экономично использована для изготовления цилиндрических марок.

Исследования по опытам, соответствующим характеру применения

В наших исследованиях занимались отыскиванием, видимостью и возможностью визирования при разных расстояниях визирования, в различных положениях осветителя по отношению к оси визирования.

Для наших исследований использовали 4 марки, которые по-разному были препарированы. Марка № 1 была обычной чёрно-белой, на марке № 2 белое поле было покрыто белой рефлексной плёнкой, марка № 3 состояла из белой и красной рефлексных полей, на марку № 4 прикрепили источник света. В качестве осветителя применяли карманный фонарик и светильник-насадку.

Максимальное расстояние визирования определили с учётом возможностей, обеспеченных рефлексными материалами. Максимальным расстоянием визирования считали то расстояние, при котором яркость марки достаточно велика, чтобы сетку нитей не пришлось подсвечивать.

В случае марки № 2 источник света удаляли от инструмента в плоскости, перпендикулярной оси визирования до тех пор, пока исследуемое расстояние не считали максимальным расстоянием визирования. Зависимость расстояния осветитель-инструмент «*t*» от расстояния визирования «*T*» представлена в таблице IV. Здесь же дана величина половины кажущегося угла « φ » отраженного светового конуса, которую определили по формуле

$$\varphi = \arctg \frac{t}{T}$$

с точностью 5'. Зависимость величины кажущегося вершинного угла отражённого светового конуса от расстояния визирования представлена графически на рис. 4. Несмотря на субъективность определения, рис. 4. наглядно представляет пространственное распределение отражённого излучения. Видно, что отражённая световая энергия сосредоточивается в узком конусе, значит при работе мы должны стараться, чтобы светильник находился по возможности ближе к линии визирования. Из-за рассеянного света часть энергии отражается большему конусу. Из-за этого рассеянного света рефлексный материал может быть использован при меньших расстояниях, чем стеклянная призма. Однако этот рассеянный свет способствует отыскиванию марки, и даёт нам возможность, чтобы источник света расположили чуть в стороне от линии визирования. Хотя, если мы хотим работать при максималь-

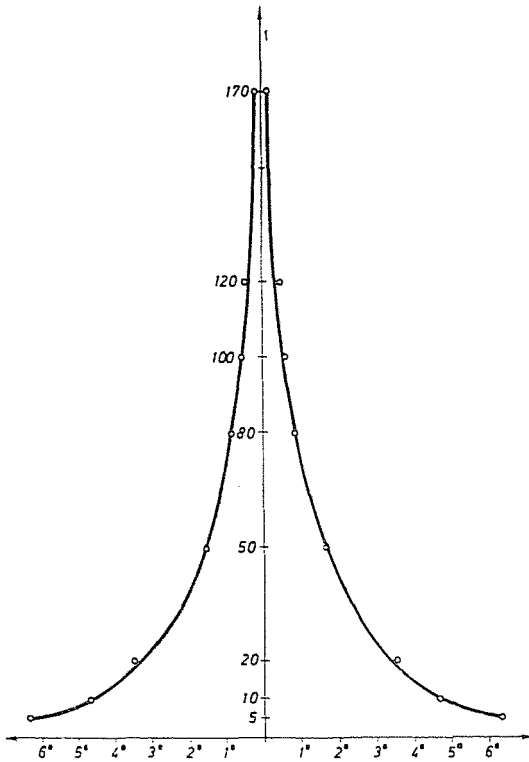


Рис. 4. расстояние (м)

ном расстоянии визирования, которое обеспечивает рефлексный материал, то источник света должен быть близок к линии визирования. В таком случае для испускания света необходимо использовать трубу наблюдательного инструмента. В интересах увеличения расстояния визирования с помощью подходящей оптической системы можем концентрировать силу излучаемого света, можем её увеличивать, или можем использовать лазер.

С точки зрения отыскиваемости, видимости, возможности визирования исследовали выше упомянутые 4 марки. Марка № 4 хорошо видна, но её легко перепутать с другими световыми точками. Марка № 1 в случае освещения от инструмента видна только на небольшом расстоянии (у нас это равнялось 15 м). Марки № 2 и 3 совершенно хорошо видны до максимального расстояния визирования (в нашем случае 150 м). Их преимущество заключается в том, что они дают не лучисто-размытую картину, а изображение, которое похоже на рассеянно-отражающие поверхности, что является более естественными для человеческого глаза.

При данном освещении и визировании на расстоянии меньше 150 м самой подходящей считали марку № 3, т. к. в этом случае сетку нитей могли

Таблица IV

T (m)	t (m)	φ
5	0,46	6° 20
10	0,82	4 40
20	1,20	3 30
50	1,40	1 40
80	1,00	0 50
100	1,00	0 35
120	1,00	0 30
170	0,50	0 10

Таблица V

№ марки	Расстояние визирования (м)							
	5	10	15	20	50	100	150	200
1.	1.05''	1.58''	1.85''					
2.		0.86		0.81''	1.15''	0.63''	1.19''	
3.		0.74		0.78	1.13	0.64	1.10	
4.		1.98		0.88	0.73	0.90	0.94	1.48

видеть и на заднем фоне, кроме этого контрастность марки не слишком велика, поэтому её удобнее наблюдать.

При исследовании марок № 3 и 4 сложно было отыскать их. Для грубого на ведение осветили местность световым лучом и невооруженным глазом следили за вспышкой марки. Приобретя практику, это можно сделать сравнительно быстро, но медленнее чем в случае марки с источником света. Преимуществом этих марок является то, что их нельзя перепутать с другими световыми источниками.

Исследование надежности визирования проводили теодолитом MOM Те В1, у которого средняя ошибка отсчитывания колебалась днём $\pm 0,48''$ — $\pm 0,64''$, а ночью $\pm 0,62''$ — $\pm 0,77''$, в среднем $\pm 0,55''$ и $\pm 0,69''$ соответственно. Измерения проводили в четыре приёма, по 10 отсчётов в каждом при одном совмещении. Источником света служила светильник-насадка. В таблице V приведены величины средней ошибки наведения и отсчитывания в секундах на основе десятикратных измерительных серий.

Опыт исследований и промышленных измерений. Предлагаемая область применения

Из литературных источников и собственных исследований можем сделать вывод, что рефлексная плёнка удобна в обращении, легко можно приклеить к любым поверхностям и в полевых условиях. Она хорошо переносит механические и метеорологические воздействия.

Марки, изготовленные из этой плёнки, хорошо могут применяться и наблюдаться как при дневных, так и ночных измерениях. К отдельным маркам не надо ставить рабочего, не нужно никакого снаряжения источника энергии. Если это необходимо, эти марки можно оставлять в поле. Их не надо ориентировать точно на наблюдающий инструмент. Рефлексный материал служит хорошим покрытием для марок. Силу их освещения можно регулировать от инструмента, и так для марок, находящихся на различных расстояниях, можно подобрать оптимальное освещение. Направление освещения совпадает с направлением визирования поэтому исключается ошибка бокового освещения. Недостатком марки является, что при увеличении расстояния её отыскивание становится тяжелее или свыше некоторого расстояния марка уже не видна.

При большинстве работ, встречающихся в геодезической практике, в качестве источника света достаточно применять карманный фонарь или светильник-насадку, разработанную подходящим образом. Такая насадка, в зависимости от конструкции и излучаемой энергии, может быть использована примерно до 150 м. Расстояние визирования можно редко увеличить путём использования лазера, т. к. в этом случае потерями энергии от излучателя до отражающей поверхности можно пренебречь. А эти потери в случае обычных источников света являются решающими.

При практических работах во многих местах использовали рефлексную плёнку, не только для обычных точных марок, но и при знаках и оборудованных, разработанных по специальным требованиям. Например, для цилиндрического знака диаметром 4 мм, который использовали при разбивке оси туннельной печи, для сигнального диска рельсоизмерительного устройства туннельных печей, для короткой рейки, используемой при строительстве высотных домов, и для и нивелирной рейки. В лаборатории института изготовили две нивелирные рейки длиной 180 см, поверхность которых была покрыта белой рефлексной плёнкой. Рейки имели миллиметровое деление. В качестве источника света использовали карманный фонарь, который прикреплялся к нивелиру магнитом. При работе с этими рейками получили положительные результаты как в освещённых цехах, так и в закрытых тёмных помещениях. В помещениях с естественным, но не достаточным освещением в рассеянном свете лучше видели эти рейки, чем обычные.

В качестве примера приводим случай одного из наших черепичных заводов. В сушильной камере длиной в 17 м для проведения измерений не

было искусственного освещения. Пришлось наблюдать при тусклом рассеянном свете, проникающем через вход. Этого было недостаточного для освещения обычных реек. Но для видимости и возможности визирования в случае реек с рефлексной плёнкой было достаточно поставить инструмент перед входом и наблюдать в направлении падающего света.

В туннельной печи и в других плохо освещённых местах достаточно было освещения, идущего от фонаря, прикрепленного к инструменту. При работе мешали нам только резкие противосветы.

Рефлексный материал предлагаем использовать для марок и реек ночных измерений в низшей геодезии, для оборудования геодезических измерений в промышленности и для реек высокоточных нивелирований проводимых ночью.

Резюме

Инженерам-геодезистам все больше измерений и разбивок приходится делать в туннеле или в шахте в темноте. При измерениях в темноте до сих пор приходилось каждую марку и деленную рейку отдельно освещать. Таким образом, для этого требовалось специальное оборудование, больше помощников и значительные материальные затраты. Неравномерное освещение деленных реек отрицательно влияло на надежность результатов измерения.

Марки и деленные рейки, изготовленные из отражающего слоя из микроскопических стеклянных шариков, становятся заметными и при освещении их от инструмента, а поскольку они имеют свойства, подобные диффузно отражающим поверхностям, имеется возможность для их применения в областях геодезии. Для решения применимости рефлексного слоя в геодезии были исследованы его физические показатели, затем проводились специальные испытания в рабочих условиях. Марки и деленные рейки с рефлексным слоем подвергались и промышленным испытаниям.

По литературным данным и опыту наших исследований, с помощью рефлексного слоя могут быть изготовлены точные марки и деленные рейки, при применении которых измерения и разбивки в темноте могут проводиться точнее и экономичнее.

Литература

1. ВІЕТКОВСКИ, М., МЕРСИК, С.: Przegląd niektórych sposobów zwiększenia widoczności sygnatów geodezyjnych. Przegląd Geodezyjny Warszawa 3. 1968. 105—107. o.
2. МЕРСИК, С., ВІЕТКОВСКИ, М.: Wyniki badań farb odblaskowych pod kątem ich stosowania w geodezji i miernictwie górniczym. Przegląd Geodezyjny Warszawa 6. 1968. 236—241. o.
3. ВІЕТКОВСКИ, М., МЕРСИК, С.: Wyniki badań folii odblaskowych pod kątem możliwości ich stosowania w geodezji i miernictwie górniczym. Przegląd Geodezyjny Warszawa 10. 1968. 424—426. o.
4. Кишш, А.: Исследование красок и различных светоотражающих материалов, применяемых для марок. Докторская диссертация (на венгерском языке), 1969, Будапешт.

Д-р Антал Кишш Н-1521 Будапешт