

## ИССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ ФАЗОВОСТИ СВЕТОВОГО ПОТОКА

Полупроводниковые светодиоды, применяемые в качестве излучателей светодальномеров, несмотря на тщательный отбор, все же обладают некоторой фазовостью. Из-за данного недостатка модулированное излучение сопровождается фазовой неоднородностью в поперечном сечении пучка, а поверхность равной фазы сложна и криволинейна. Фазовая неоднородность проявляется, если при измерении дальности ее значения существенно различаются при перекрытии отражателя разными частями сечения светового пучка, т. е. наличие фазовой неоднородности приводит к возникновению ошибки светодальномерных измерений, называемой фазовостью светового потока. Количественно она характеризуется изменением постоянной приборной поправки с расстоянием.

Для ослабления влияния фазовости на снижение точности светодальномерных измерений предложены технические и методические приемы. В частности, для компенсации несовершенства диодов разработан ряд усовершенствований, описанных в [2, 4, 5, 11, 12].

Уменьшить фазовую неоднородность излучаемого пучка можно, поместив перед излучателем короткофокусную линзу, в результате чего в ее фокусе возникает световое пятно с равной фазой [10]. Во ВНИМИ [5] предложено устройство, состоящее из четырех призм Дове, помещаемое перед излучателем. Через каждую из призм проходит 25% излучаемого света, а в фокальной плоскости передающего объектива образуются четыре совмещенные изображения излучателя, создавая вторичный источник излучения с меньшей фазовостью.

Многие предложения основаны на использовании световодов в качестве оптических смесителей [2, 11, 12] и др. Сущность заключается в пропускании неоднородного по фазе пучка через световоды, в которых происходит многократное внутреннее отражение, приводящее к перемешиванию и получению на выходе световода пучка света с равномерной фазой.

Фазовой неоднородностью могут обладать и фотоприемники. В светодальномерах их функции выполняют фотоумножители и фотодиоды. Их фазовость заключается в зависимости фазы выходного электрического сигнала от места и угла облучения светочувствительной поверхности фотоприемника. При этом принимается во внимание, что в операционном цикле светодальномерных измерений предусмотрено последовательное облучение фотоприемника опорным (из канала ОКЗ) и измерительным (с дистанции) сигналами.

Для ослабления фазовости фотоприемников, как и для излучателей, в [2, 11, 12] предложено применять световоды, а в

[4] осуществлять некоторую расфокусировку опорного светового пучка.

Для объективного представления о возможной фазовости светодальномера целесообразно проводить специальное исследование путем сканирования светового луча по отражателю. Проиллюстрируем его сущность на примере с электронным тахеометром ЕОТ 2000.

Приемопередатчик и кольцевой отражатель из семи плотно

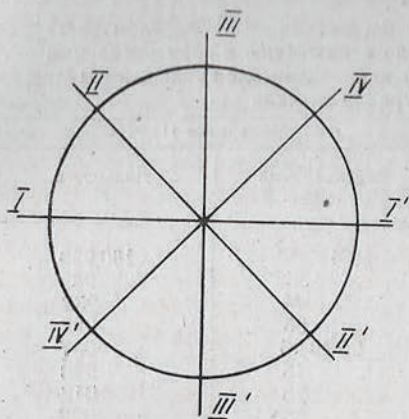


Рис. 1. Плоскости сканирования светового пучка по отражателю.



Рис. 2. Линии равных фаз в поперечном сечении светового пучка тахеометра ЕОТ 2000, выраженные в остатках измеряемого расстояния в мм:  
\* — точка, соответствующая максимуму отраженного сигнала.

посаженных призм с отражающей площадью  $91 \text{ см}^2$  установлены на концах отрезка длиной  $100 \text{ м}$ . По расчетным данным, угол рассеивания излучаемого пучка света у ЕОТ 2000 составляет  $2,8'$ , поэтому площадь светового пятна, покрывающего отражатель,  $50 \text{ см}^2$ , т. е. меньше площади отражателя. Сканирование пучка света по плоскости отражателя осуществлялось по четырем диаметрам (рис. 1) с измерением дальности через каждые  $10''$  (или  $4,8 \text{ мм}$ ) по горизонтали и вертикали, начиная с точки, соответствующей максимуму отраженного сигнала. Измерения вели пока представлялось возможным соблюдать требуемый уровень сигнала в семь делений.

Одно измерение в точке включало два-три отсчитывания расстояния. Фрагмент измерений предстал в таблице. Картограмма (рис. 2), состоящая из линий равных фаз в поперечном сечении отраженного пучка света, построена по результатам полной программы измерений. Характерно, что точка, соответствующая максимуму отраженного сигнала, не совпадает с центром пучка. Линии равных фаз для удобства оценки влияния фазовости светового потока выражены в остатках измеряемого расстояния в миллиметрах.

Как видим, при измерении расстояния разными частями светового пучка полученные результаты могут различаться на многие десятки миллиметров (в данном случае до 100 мм) и будут ошибочными, если не придерживаться строгой однозначности наведения приемопередатчика на отражатель по максимуму отраженного сигнала.

Проявление фазовости носит индивидуальный характер. Так, исследования, выполняемые с дальномером СТ5, показали, что

Результаты многократного измерения расстояния тахеометром ЕОТ 2000 при сканировании светового пятна по отражателю в горизонтальном (I—I) и вертикальном (III—III) направлениях с соблюдением установленного уровня сигнала

Измерение I—I		Измерение III—III	
Горизонтальный угол	Дальность, М	Вертикальный угол	Дальность, М
—	—	90°48'25"	100,939
—	—	35	932
72°18'30"	100,923	45	932
40	922	55	922
50	916	90 49 05	937
72 19 00	890	15	920
10	872	25	912
20	862	35	922
30	871	45	909
40	880	55	906
50	898	90 50 05	901
72 20 00	906	15	908
10	910	25	904
20	908	35	912
72 20 30	100,911	90 60 45	100,906
40	912	55	908
50	909	90 51 05	906
72 21 00	909	15	910
10	909	25	909
20	916	35	906
30	922	45	907
40	924	55	908
50	918	90 52 05	928
72 22 00	934	15	920
10	948	25	930
20	955	35	924
30	928	45	925
40	920	55	918
50	918	90 53 05	938
72 23 00	100,926	90 53 05	100,922
10	937	—	—
10	100,902	—	—

неоднородность поперечного сечения светового пучка приводит к различию в длине измеряемого отрезка менее 20 мм.

Таким образом, с фазовостью нельзя не считаться, но если допустить, что площадь отражателя не меньше площади свето-

вого пятна при измерении любых длин, и осуществить точную наводку на отражатель, то влияние фазовости в большей степени учитывается. В [6] показано, что использование многопризменных (мозаичных) отражателей дальномера КДГ-3 в виде блока из трех секций по 28 трипельпризмам для линейных измерений топографическим светодальномером с полупроводниковым излучателем, как и следовало ожидать, привело к уменьшению влияния фазовости. Однако применение больших отражателей затруднительно из-за их громоздкости (больших габаритных размеров).

Заслуживает внимания предложение о создании специального устройства [3] в виде И-образных световодов одной длины, торцы которых образуют отражающую поверхность. По мнению автора, такая конструкция отражателя будет способствовать уменьшению фазовой неоднородности в сечении пучка отраженного света, так как торцы световодов расположены хаотически, способствуя активному смещению светового потока. Можно ожидать, что к светодальномеру возвратится световой поток с одной фазой по всему фронту. К сожалению, таких отражателей пока нет. Кроме того, световодный отражатель должен иметь большую площадь для измерения значительных расстояний.

Очевидно, на современном этапе развития светодальномерных измерений учет фазовости целесообразно проводить методическим путем. Выполненные нами исследования ряда современных топографических дальномеров (ЕОК 2000, ЕОТ 2000, 2СМ2, Та 5, СТ5) свидетельствуют, что фазовость излучаемого светового пучка в той или иной степени присуща всем светодальномерам.

Методика исследования фазовости и организация ее учета путем измерения интервалов эталонного базиса и установления изменения постоянной приборной поправки с расстоянием описана в [7, 8, 9]. Отметим, что затраты времени на получение графика поправок за фазовость незначительны, поскольку он строится по результатам определения постоянной приборной поправки. Из опыта исследования фазовости светового потока установлено, что она максимально проявляется на коротких отрезках менее 1000 м длиной. Размах графиков поправок достигал 10...20 мм и более. При больших расстояниях, вследствие турбулентности атмосферы, происходит выравнивание фазы в поперечном сечении пучка.

В настоящее время практически все геодезические экспедиции располагают эталонными базисами или завершают их сооружение, поэтому имеется реальная возможность для исследования и учета фазовости светодальномеров.

Ряд авторов ([1] и др.) рекомендуют определять постоянную поправку дальномера по измерениям расстояния неизвестной длины и составляющих его отрезков во всех комбинациях. Однако при этом утрачивается возможность строгого учета фазовости.

Итак, с целью ослабления и учета влияния фазовости излучаемого светового потока светодальномера с полупроводниковым излучателем целесообразно исследовать неоднородности фазы в поперечном сечении пучка; всегда точно наводить приемопередатчик на отражатель по максимуму отраженного сигнала; получать на эталонном базисе и использовать для коррекции длин график изменения постоянной приборной поправки с расстоянием; при работе на базисе и в сети применять одни отражатели. Особенно важно тщательно учитывать фазовость при наблюдении за горизонтальными деформациями инженерных сооружений.

1. *Бронштейн Г. С., Симонович В. Н.* Выявление и учет постоянной ошибки светодальномера при измерении расстояний в комбинациях // Геодезия и картография. 1973. № 7. С. 17—25. 2. *Митрофанов В. В., Кортев Н. В.* Источники погрешностей приемопередающих устройств светодальномеров // Оптико-механическая промышленность. 1980. № 2. С. 1—4. 3. *Пик Л. И. А.* с. 1303824 (СССР). Отражатель для светодальномера // Бюл. изобрет. 1987. № 14. 4. *Попов И. А., Водеников Ю. Н.* Уменьшение погрешностей измерений светодальномерами, связанных с фазовой неоднородностью полупроводниковых излучателей // Современные методы производства инструментальных съемок при ведении маркшейдерских работ и учет потерь в недрах. Л., 1985. С. 36—44. 5. *Синицын В. А., Попов И. А., Розентулер С. Л., Водеников Ю. Н. А.* с. 584615 (СССР). Электрооптический дальномер // Бюл. изобрет. 1985. № 7. 6. *Татевян Р. А.* Об одном возможном способе уменьшения ошибок измерений расстояний топографическими светодальномерами с полупроводниковыми светодиодами // Тр. ЦНИИГАиК. 1979. № 221. С. 49—57. 7. *Тревого И. С.* Пути повышения точности светодальномерных измерений в городских условиях // Совершенствование программы и схемы построения опорных геодезических сетей на территории городов. М., 1980. Ч. 2. С. 114—119. 8. *Тревого И. С., Шевчук П. М.* Городская полигонометрия. М., 1986. 9. *Тревого И. С.* Об эталонировании топографических светодальномеров // Геодезия и картография. 1987. № 1. С. 20—25. 10. *Hilderbrand K.* Elektrooptischer Entfernungsmesser. Пат. 498374 (Швейцария). — Заявл. 15. 10. 86, № 15332/68; МКИ G01S, 3/06.11. *Moore Charles E.* (США). Entfernungsmessvorrichtung. — Заявл. 13. 01. 72. № 209832/724; МКИ G01S, 9/62. 12. *Zürcher, Walter, Nünlist, Rene* (Швейцария). Einrichtung zur Phasenmischung einer modulierten Strahlung. Пат. 2260842 (ФРГ). — Заявл. 13. 12. 72, № 309826/0830; МКИ G01S, 9/62.