

По мере увеличения отношения сигнал/шум, когда зона флуктуаций  $\Delta$  координатной отметки становится меньше  $\tau_0$ , появляется возможность использовать коррелированные выборки и за счет отщипательной корреляции объединены общей рекуррентной формой представления оценки, удобной для машинной обработки с помощью ЭВМ.

На основе рассмотренных частных случаев определено место предлагаемого метода измерения в кругу известных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов Ю. Н. Модуляция фазы квантующей последовательности при измерении задержки эхосигнала // Проблемы повышения эффективности и качества радиотехнических систем.— Вып. 2: Межвуз. сб.— Свердловск: УПИ, 1979.
2. Гайсов В. Г., Горбунов Ю. Н. Двухэтапная процедура измерения временных интервалов методом статистических испытаний с обратной связью // Автометрия.— 1982.— № 2.
3. Горбунов Ю. Н. Многоэтапная процедура измерения параметров повторяющегося сигнала методом стохастического усреднения цифровых отсчетов // Автометрия.— 1985.— № 3.
4. Горбунов Ю. Н. Повышение точности фазовых измерений при стохастическом усреднении цифровых отсчетов // ВИМИ МРС, ТТЭ. Сер. ЭР.— 1981.— № 41.
5. Уайлд Д. Дж. Методы поиска экстремума.— М.: Наука, 1969.
6. Lareyre J. L. Radar a impulsions utilisant l'effet Doppler: influence de l'echantillonnage de la distance sur la probabilité de detection, interpolation de la distance // Annales des Telecommunications.— 1971.— V. 26, N 9/10.— P. 341.
7. Балашов В. П., Валитов Р. А., Вихров Г. П. и др. Автоматизация радиоизмерений.— М.: Сов. радио, 1966.
8. Гитис Э. И., Пискунов Е. А. Аналого-цифровые преобразователи.— М.: Энергоиздат, 1981.

*Поступила в редакцию 12 января 1987 г.*

УДК 531.715

Г. А. ЛЕНКОВА

(Новосибирск)

### ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИИ УГОЛКОВОЙ ПРИЗМЫ В ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ НА ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

В лазерных интерферометрах для измерения углов два отражателя (уголковые призмы) закрепляются жестко на опоре симметрично оси поворота (рис. 1, а). При повороте опоры призмы смещаются относительно лучей. При этом продольная составляющая смещения (вдоль лучей) играет полезную роль, так как является мерой измерения угла, поперечная (при заданных габаритах призм) накладывает ограничение на пределы измерения углов. Поворот на угол  $\alpha$  вызывает поперечное смещение, равное [1]

$$l = 2h \sin^2(\alpha/2), \quad (1)$$

где  $h$  — расстояние между вершинами призм. Для расширения пределов измерения иногда располагают схему в двух плоскостях (рис. 2, а) так, чтобы отраженные от призм пучки лежали в плоскости, параллельной той, в которой происходит деление входного пучка. Но при этом не принимается во внимание, что при прохождении призмы пучки будут

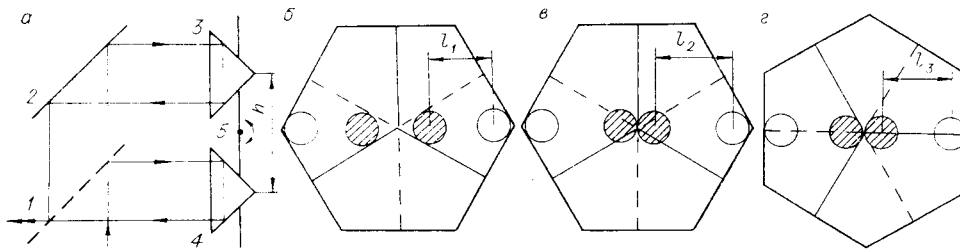


Рис. 1

падать на ее ребра. Последнее приводит к потерям света и к снижению контраста интерференционных полос. Кроме того, часто не учитывается, что излучение лазера поляризовано и что поэтому могут наблюдаться потери света из-за несогласованности параметров поляризации с положением оптических деталей (поверхностей). При отражении от уголкового призмы возможно также изменение состояния поляризации. Если поверхности металлизированы, то этот эффект мало заметен. Однако поглощение света металлом часто вынуждает использовать призмы, работающие на полном внутреннем отражении. В этом случае должна приниматься во внимание ориентация призм [2].

Цель сообщения — рассмотреть влияние положения и ориентации уголкового призм на пределы измерения углов поворота.

В дальнейшем речь будет идти о допустимых пределах поперечного смещения призм относительно пучков, которые легко перевести в пределы измерения углов с помощью соотношения (1). В каждой из схем (см. рис. 1, 2) будут рассмотрены два крайних случая, когда одно из ребер призм расположено в вертикальной плоскости, т. е. перпендикулярной к рисунку, и в горизонтальной. Зависимость допустимого смещения от параметров призмы и диаметров пучков анализируется на основании одного из свойств уголкового призмы — симметрии точек входа и выхода пучков относительно центра призмы. Построение возможных взаимных положений входящих и выходящих пучков ведется при оперировании их сечениями во фронтальной плоскости призм (рис. 1, б — з и рис. 2, б — ж). На рис. 1, 2 проекции ребер призм изображены сплошными линиями, а проекции их отражений в противоположных гранях — штриховыми.

Схема в одной плоскости (см. рис. 1, а). Расположим ребра в вертикальной плоскости. Пусть в начальном положении, когда угол поворота опоры с закрепленными на ней призмами равен нулю, пучок входит и выходит максимально близко к оси призмы и так, чтобы грань не пересекала его (см. рис. 1, б, сечения пучков заштрихованы). Это соответ-

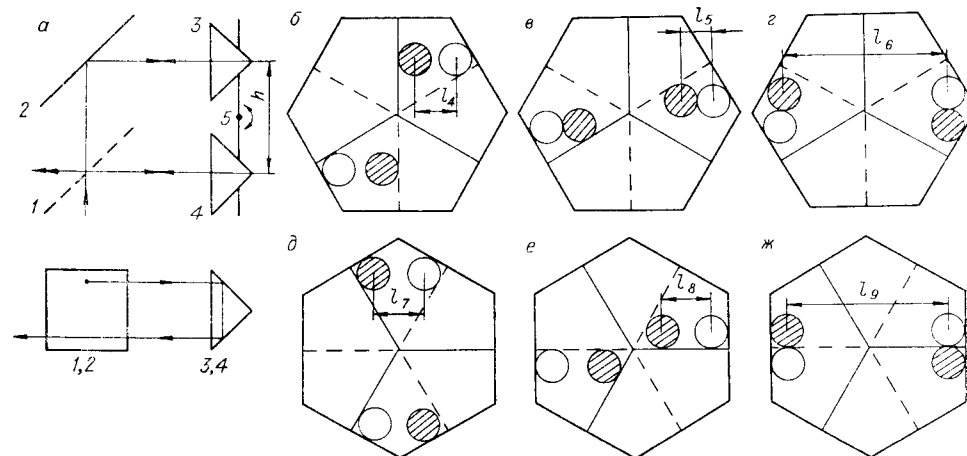


Рис. 2

ствует расстоянию от оси, равному  $r/\sin 30^\circ$ , где  $r$  — радиус пучка. Крайнее возможное положение пучка (сечения пучков не заштрихованы) отстоит от угла шестигранной фронтальной поверхности на  $r/\cos 30^\circ$ , и, следовательно, максимальное поперечное смещение призмы относительно пучка составляет

$$l_1 = (R/\cos 30^\circ) - (r/\sin 30^\circ) - (r/\cos 30^\circ) = 1,155R - 3,155r, \quad (2)$$

где  $R$  — длина проекции ребра призмы на фронтальную поверхность.

Если допускается пересечение ребер в пределах измерения (см. рис. 1, *в*), то смещение увеличивается на величину радиуса пучка

$$l_2 = (R/\cos 30^\circ) - r - (r/\cos 30^\circ) = 1,155R - 2,155r. \quad (3)$$

При горизонтальном расположении ребра (см. рис. 1, *г*) смещение равно

$$l_3 = R - 2r. \quad (4)$$

**Схема в двух плоскостях (см. рис. 2, *а*).** На рисунке показаны два взаимно перпендикулярных сечения оптической схемы. Рассмотрим сначала возможные взаимные положения пучков и призмы, при которых грань расположена в вертикальной плоскости (см. рис. 2, *б—г*). В первых двух случаях (см. рис. 2, *б, в*) при повороте опоры пучки не попадают на грань и максимально допустимые поперечные смещения призмы (или пучков) равны

$$l_4 = R \cos 30^\circ - r - (r \cos 15^\circ / \sin 45^\circ) = 0,866R - 2,366r; \quad (5)$$

$$l_5 = (R/\cos 30^\circ) - (r/\operatorname{tg} 30^\circ) - (r/\operatorname{tg} 15^\circ) = 1,155R - 5,464r. \quad (6)$$

Пределы смещения значительно возрастают, если допускается пересечение ребер (см. рис. 2, *г*):

$$l_6 = (2R/\cos 30^\circ) - (2r/\operatorname{tg} 30^\circ) = 2,309R - 3,464r. \quad (7)$$

Аналогичное возрастание пределов измерения углов наблюдается и при горизонтальном расположении одного из ребер призм (см. рис. 2, *д—ж*). Максимально допустимые смещения легко определить из рисунка. Здесь также в первых двух случаях (см. рис. 2, *д, е*), где пучки в пределах измерения не попадают на ребра призм, максимальное смещение меньше, чем в последнем (см. рис. 2, *ж*):

$$l_7 = R - (2r \cos 15^\circ / \sin 45^\circ) = R - 2,732r; \quad (8)$$

$$l_8 = R - (r/\operatorname{tg} 30^\circ) - r = R - 2,732r; \quad (9)$$

$$l_9 = 2R - 2r. \quad (10)$$

Следует заметить, что при увеличении диаметра пучка в случае, приведенном на рис. 2, *ж*, с определенного момента, когда пучок коснется верхней стороны шестигранника ( $r = R \sin 30^\circ / (\sin 30^\circ + \cos 30^\circ) = 0,366R$ ), зависимость между величиной смещения и параметрами пучка и призмы изменяется:

$$l'_9 = 2 [2R - (r/\operatorname{tg} 15^\circ)] = 4R - 7,462r. \quad (11)$$

В случае, показанном на рис. 2, *г*, радиус пучка ограничен размером  $0,5R$ .

На рис. 3 представлены графически зависимости (2) — (11) в относительных величинах  $l/R$  и  $r/R$  (сплошная и штриховая линии для случаев, когда в пределах измерения соответственно наблюдается или нет пересечения пучков ребрами призм, номера графиков и формул совпадают). Как видно из рисунка, в конфигурациях с расширенными пределами измерений (см. графики 6, 9 на рис. 3; рис. 2, *г, ж*) пучки попадают на ребра призм, что нежелательно, так как может приводить к рассеянию света и к снижению контраста полос. Из ориентаций призм, при которых пучки не пересекаются ребрами, большие пределы измерения обеспечивает схема интерферометра в одной плоскости (см. рис. 1, *а, б*). Одноре-

менно такая ориентация призмы имеет преимущество, когда излучение лазера линейно поляризовано. В целях уменьшения световых потерь вектор поляризации обычно ориентируется перпендикулярно плоскости падения лучей (см. рис. 1, а), и тогда призма, ориентированная как показано на рис. 1, б, вносит минимальные изменения в состояние поляризации отраженных пучков [2], а следовательно, не влияет на контраст интерференционных полос. В этом смысле во второй схеме (см. рис. 2, а) предпочтительнее ориентация призмы, показанная на рис. 2, г. Если направления поляризации в плечах интерферометра отличаются, то соответственно должны отличаться ориентации уголкового призм.

Анализ возможных положений уголкового призм в интерферометре показал, что при оценке пределов измерения следует принимать во внимание рассеяние света на ребрах призм и соответствие между ориентацией призмы и направлением поляризации. Если на эффективность работы интерферометра влияют оба фактора, то в отношении непроеизводительных потерь света предпочтительнее схема в одной плоскости (см. рис. 1, а), если только второй, то схема в двух плоскостях (см. рис. 2, а).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ленкова Г. А. Анализ и сравнение угловых сканирующих интерферометров // Автометрия.— 1981.— № 1.
2. Ленкова Г. А. Поляризационные явления в лазерных интерферометрах перемещений // Автометрия.— 1975.— № 5.

Поступила в редакцию 19 августа 1987 г.

УДК 535.8

П. Я. БЕЛОУСОВ, Ю. Н. ДУБНИЦЕВ, В. Г. МЕЛЕДИН, В. А. ПАВЛОВ

(Новосибирск)

### ЛАЗЕРНЫЙ ДОПЛЕРОВСКИЙ АНЕМОМЕТР С ВРЕМЕННОЙ СЕЛЕКЦИЕЙ ОРТОГОНАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТ ВЕКТОРА СКОРОСТИ

Одновременное измерение двух ортогональных компонент вектора скорости методами лазерной доплеровской анемометрии (ЛДА) осуществляется обычно оптическими устройствами, имеющими двухканальную структуру. Мощность входного лазерного излучения делится пополам между каналами. Разделение оптических сигналов, несущих информацию о компонентах вектора скорости, выполняется различными способами [1], использующими поляризацию или спектральный состав лазерного излучения. Применяется также частотная и пространственная селекция оптических сигналов.

Недостатком этих способов является неэффективное использование мощности лазерного излучения, поскольку на оптический канал, измеряющий одну компоненту скорости, приходится менее половины мощности лазерного источника. Указанный недостаток особенно сильно про-

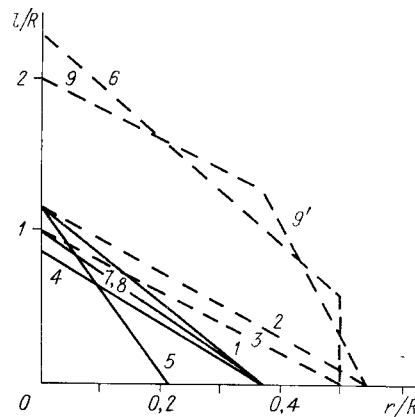


Рис. 3