

УДК 621.373

В. Л. ГАБРИЕЛЯН, А. В. СИНЯВСКИЙ

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КООРДИНАТ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ

На базе трех пространственно разнесенных фотоприемников представлены несколько методик определения координат световых пятен.

Библиогр.: 3 назв.

Նրեր ֆոտոռեցիվների օգնությամբ դիտարկում է մի քանի մեթոդ լուսալին բծի կոորդինատների որոշման համար:

В некоторых оптических задачах требуется определить координаты светового пятна в фокальной плоскости приемной линзы. Известны методики, где координаты пятна связаны с измеряемыми параметрами простыми выражениями, что существенно упрощает обработку результатов измерений. С развитием ЭВМ обработка существенно облегчилась и расчеты возможно производить в реальном масштабе времени [1—3].

Цель работы — показать несколько возможностей определения координат светового пятна с помощью устройств на трех идентичных фотоприемниках. Пусть три фотоприемника Φ_a , Φ_b , Φ_c с широкой диаграммой направленности находятся в фиксированных точках $A(x_1; y_1)$, $B(0; 0)$, $C(x_0; 0)$ в плоскости XV , а $D(x; y)$ — светящаяся точка в той же плоскости. При изотропном рассеянии точкой D оптическая энергия равномерно рассеивается во всех направлениях. В фотоприемниках при пренебрежении поглощением в среде будут зарегистрированы фото токи

$$I_a \sim \frac{1}{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2}, \quad I_b \sim \frac{1}{x^2 + y^2}, \quad I_c \sim \frac{1}{(x - x_0)^2 + y^2}.$$

Отношения разности фототоков $(I_b - I_a)$, $(I_b - I_c)$ к токам I_a и I_c можно записать в виде

$$\frac{I_b - I_a}{I_a} = \frac{x_1^2 - 2x_1x + y^2 - 2y_1y}{x^2 + y^2} = K_1, \quad \frac{I_b - I_c}{I_c} = \frac{x_0^2 - 2x_0x}{x^2 + y^2} = K_2.$$

Уравнение, полученное почленным делением уравнений системы, совместно со вторым уравнением системы дает

$$x = \frac{m \pm \sqrt{m^2 + pn}}{p}, \quad y = \frac{x_1^2 + y_1^2 - 2x_1x}{2y_1} - \frac{K_1}{K_2} \frac{x_0^2 - 2x_0x}{2y_1},$$

где параметры m , n , p равны

$$m = 2K_2 \left(x_1 - \frac{K_1}{K_2} x_0 \right) \left(x_1^2 + y_1^2 - \frac{K_1}{K_2} x_0^2 \right) + 4x_0y_1^2,$$

$$p = 4K_2 \left[y_1^2 + \left(x_1 - \frac{K_1}{K_2} x_0 \right)^2 \right],$$

$$n = 4x_0^2 y_1^2 - K_2 \left(x_1^2 + y_1^2 - \frac{K_1}{K_2} x_0^2 \right)^2.$$

В частном случае при расположении фотоприемников на прямой в точках $A(-x_1; 0)$, $B(0; 0)$, $C(x_0; 0)$ выражения, определяющие координаты точки D , упрощаются

$$x = \frac{1}{2} \frac{x_0^2 K_1 - x_1^2 K_2}{x_0 K_1 + x_1 K_2}, \quad y = \sqrt{\frac{x_1^2 + 2x_1 x}{K_1} - x^2}.$$

Наиболее простые выражения получаются, если фотоприемник Φ_b расположен посередине между Φ_a и Φ_c (линейка фотоприемников):

$$x = \frac{x_0}{2} \frac{K_1 - K_2}{K_1 + K_2}, \quad y = \sqrt{\frac{x_0^2 + 2x_0 x}{K_1} - x^2}.$$

На практике чаще встречаются фотоприемники с фототоком, пропорциональным косинусу угла падения на чувствительную поверхность излучения. Для этого случая при расположении фотоприемников на прямой получаются следующие выражения для D :

$$x = \frac{x_0^2 (K_1^{2/3} - 1) - x_1^2 (K_2^{2/3} - 1)}{2 [x_0 (K_1^{2/3} - 1) + x_1 (K_2^{2/3} - 1)]}, \quad y = \sqrt{\frac{x_1^2 - 2x_1 x}{K_1^{2/3} - 1} - \frac{x^2}{4}},$$

где $K_1 = I_b/I_a$, $K_2 = I_b/I_c$.

Практически расстояние между фотоприемниками следует устанавливать из следующих соображений. Если требуемая точность измерения координат, например, 10 мкм, а точность измерения отношений $\frac{I_a - I_b}{I_a} \sim \frac{I_b - I_c}{I_c} \sim \frac{2\Delta r}{r} \sim 0,1\%$, тогда расстояние от точки D до фотоприемников ~ 2 см, а значит фотоприемники должны быть разнесены примерно на то же расстояние.

Координаты вспыхивающей (импульсный источник) точки можно определить и по временной задержке. Пусть три быстрореагирующих фотоприемника расположены в тех же точках и в некоторый момент произошла оптическая вспышка. Задержки во времени регистрации вспышки фотоприемниками Φ_a и Φ_c относительно времени регистрации вспышки фотоприемником Φ_b обозначим Δt_1 и Δt_2 , которые могут принимать как положительные, так и отрицательные значения (предполагается, что соответствующей калибровкой учтены времена распространения электрического сигнала от каждого фотоприемника до устройства, сравнивающего времена прихода переднего фронта оптического импульса). Пусть фронт оптического импульса и время реакций фото-



приемников существенно меньше времен Δt_1 и Δt_2 . Тогда в декартовой системе координат условие задержек регистрации запишется в виде системы уравнений

$$\sqrt{(x + x_1)^2 + (y - y_1)^2} = \sqrt{x^2 + y^2} + c\Delta t_1,$$

$$\sqrt{(x - x_0)^2 + y^2} = \sqrt{x^2 + y^2} + c\Delta t_2,$$

где c — скорость света в среде распространения. Решение системы имеет вид

$$x = \frac{m \pm \sqrt{m^2 + pn}}{p}, \quad y = Ax + B,$$

где

$$A = (c\Delta t_1 x_0 - c\Delta t_2 x_1) / c\Delta t_2 y_1,$$

$$B = (c\Delta t_2 x_1^2 + c\Delta t_1 y_1^2 - c\Delta t_1 x_0^2 - c^2 \Delta t_1^2 \Delta t_2 + c^2 \Delta t_1 \Delta t_2^2) / 2c\Delta t_2 y_1,$$

$$m = 2x_0^3 - 2c^2 \Delta t_2^2 x_0 + 4ABc^2 \Delta t_2^2, \quad n = 2c^2 \Delta t_2^2 x_0^2 + 4c^2 \Delta t_2^2 B^2 - x_0^4 - c^4 \Delta t_2^4,$$

$$p = 4x_0^2 - 4c^2 \Delta t_2^2 A^2 - 4c^2 \Delta t_2^2.$$

Частный случай расположения фотоприемников на прямой дает

$$x = \frac{c\Delta t_1 (x_0^2 - c^2 \Delta t_2^2) - c\Delta t_2 (x^2 - c^2 \Delta t_1^2)}{2c (\Delta t_1 x_0 + \Delta t_2 x_1)},$$

$$y = \sqrt{\frac{[x_0^2 (x^2 - c^2 \Delta t_1^2) + x_1 (x_0^2 - c^2 \Delta t_2^2)]^2}{4c^2 (x_0 \Delta t_1 + x_1 \Delta t_2)^2}} - x^2.$$

В случае линейки фотоприемников получим

$$x = \frac{(\Delta t_1 - \Delta t_2) (x_0^2 - c^2 \Delta t_1 \Delta t_2)}{2x_0 (\Delta t_1 - \Delta t_2)}, \quad y = \sqrt{\frac{(2x_0^2 - c^2 \Delta t_1^2 - c^2 \Delta t_2^2)^2}{4c^2 (\Delta t_1 + \Delta t_2)^2}} - x^2.$$

Исходя из достижимых значений быстродействия фотодетекторов ~ 1 нс, можно оценить расстояние между фотоприемниками. Если регистрируемые задержки приняты порядка (10—100) нс, что соответствует разности пути (3—30) м в атмосфере, то для подобных измерений фотоприемники должны быть разнесены на (10—100) м.

Если положение светящейся точки «гуляет» вдоль прямой, то удобнее всего для обоих случаев (по отношениям фототоков и по задержке) применять линейку фотоприемников и ее расположить параллельно вышеуказанной прямой.

Решение D для обоих общих случаев будет единственным при D лежащем в центре описанной окружности треугольника, вершинами которого служат фотоприемники. В остальных случаях D имеет два решения: одно значение D лежит внутри вышеуказанного треугольника, другое — вне этого треугольника.

Предварительные данные о приблизительном местоположении точки D позволят из двух значений выбрать нужное. Если приблизительное местоположение D неизвестно, в плоскости XV можно добавить четвертый фотоприемник Φ_c и получить по два значения координат точки D для двух произвольных троек фотоприемников (например, Φ_a, Φ_b, Φ_c и Φ_a, Φ_b, Φ_e). Общее значение D в двух сочетаниях фотоприемников будет истинным положением точки D . В случае расположения фотоприемников на прямой также две точки удовлетворяют системам. Они симметричны относительно вышеуказанной прямой и поэтому нетрудно выбрать истинное значение точки D .

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Молебный В. В. Оптико-локационные системы.— М.: Машиностроение, 1973.— 183 с.
2. Катус Г. П. Оптико-электронная обработка информации.— М.: Машиностроение, 1973.— 447 с.
3. Ефимов М. В. Следящие системы с оптическими связями.— М.: Энергия, 1969.— 184 с.

ИФИ АН АрмССР

25. I. 1989

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLIII, № 3, 1990, с. 117—120.

ГИДРАВЛИКА

УДК 532.546

С. Дж. ХАЛАТЯН, Р. С. ИСАХАНИЯН

РЕШЕНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ С УЧЕТОМ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ

Рассматривается решение осесимметричной задачи фильтрации с учетом изменений соотношений между фазами грунта в процессе уплотнения. Приводится аналитическое решение данной задачи, где уплотнение происходит под действием равномерно распределенной возрастающей нагрузки, зависящей от времени.

Ил. 1. Библиогр.: 1 назв.

Դիտված է ծծանցման առանցքահամաչափ խնդրի լուծումը՝ հաշվի առնելով պնդացման ընթացքում բնանդրի փուլերի միջև հարաբերության փոփոխությանը: Բերված է խնդրի վերլուծական լուծումը, որտեղ պնդացումը ընթանում է հավասարապես բաշխված աճող բեռնվածքի ազդեցության տակ, որը կախված է ժամանակից:

В настоящее время известны решения осесимметричных задач фильтрации, где учитывается, что объемная сила собственного веса водонасыщенного грунта принимается постоянной на весь период консолидации. Основное уравнение осесимметричной задачи фильтрации с учетом ползучести скелета и изменения соотношений между фазами грунта в процессе уплотнения получены в [1].