

Т. Г. ШЕВЧЕНКО, С. Г. ХРОПОТ, Л. С. СИКОРА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СТВОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

При установке крупногабаритного оборудования, например, вращающихся печей, помольных агрегатов, сушильных барабанов и т. п., инженерно-геодезическому контролю прямолинейности и створности отдают предпочтение перед линейно-угловыми и высотными измерениями. Непрямолинейность или нестворность определяют как отклонения контролируемых точек от опорной прямой или створа. Вследствие специфики агрегатов (длина их редко превышает 200 м) измерения ведут, как правило, по программе полного створа. Нестворность или прямолинейность контролируемых точек определяют с помощью подвижной марки. Наиболее предпочтительно располагать створофиксатор и опорную марку в конечной и начальной точках створа, центрируя створофиксатор над одной из них, а со второй совмещая нить шкалы отсчетного устройства марки.

Однако вследствие особенностей контролируемого оборудования такая схема измерений не всегда выполнима. При использовании лазеров для фиксации опорной прямой задача усложняется из-за трудности центрировки оси лазерного излучения над точкой вследствие произвольного расположения оси относительно корпуса лазера. Поэтому в [2] рекомендовано устанавливать лазер на продолжении заданной прямой перед начальным опорным пунктом. Там же предложена схема измерения нестворности с помощью лазерного створофиксатора, приведены зависимости для определения влияния не-

створности и определена средняя квадратическая погрешность измерений. Расчет нестворности, согласно рис. 1, имеет вид

$$\delta_i = (a_1 - a_i) L_i / L_0. \quad (1)$$

В [1] приведена такая же зависимость с учетом того, что

$$\sum_n^{n-1} L_i / L_0 = k. \quad (2)$$

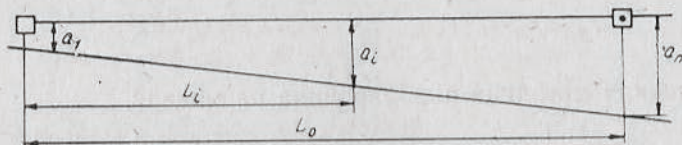


Рис. 1. Схема измерения нестворности.

В [2] не предъявлены требования к точности измерений L_0 и L_i . Что касается [1], то в ней указано, что расстояния L_0 и L_i берут проектные или определяют точными линейными проме-

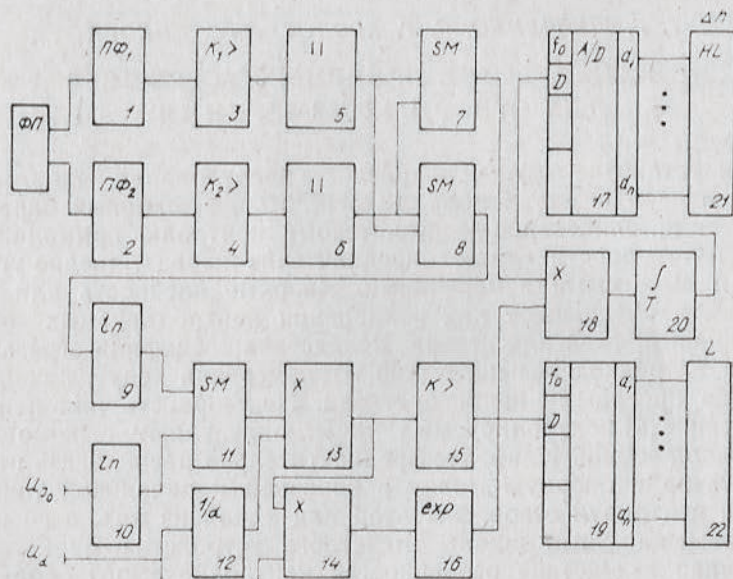


Рис. 2. Блок-схема фотоприемного устройства.

рами. Введя в полученное в [1] выражение для средней квадратической погрешности нестворности погрешность за измерение расстояний, запишем

$$m_{\delta}^2 = m_{\Delta a}^2 [(k-1)^2 + k^2 + 1] + 2m_{L_0}^2 / L_0^2. \quad (3)$$

Очевидно, что m_{δ} определяется величинами k и m_{L_0} . Выражение (3) позволяет оценить необходимую точность измерения

L_0 в зависимости от требуемой точности измерения нестворности, возможностей отсчетных приспособлений подвижной марки и непараллельности опорного створа створу, заданному его начальной и конечной точками. Так, при непараллельности створов в 50 мм при расстоянии между начальной и конечной точками 200 м и точности отсчитывания 0,05 мм L_0 и L_i должны быть измерены с точностью не хуже ± 10 см, а при непараллельности 10 мм — с точностью $\pm 0,5$ м. Поскольку при соответствующих условиях требования к точности линейных измерений невысокие, возникает возможность одновременного измерения расстояний и определения нестворности. Один из возможных вариантов решения этой задачи представлен в виде блок-схемы (рис. 2). В основу ее положен объединенный датчик измерения смещений и расстояний. Высокие проекционные свойства лазерного излучения — стабильность диаграммы направленности — позволяют создавать измерительные системы, в основе которых — принцип дистанционного зондирования. Сигнал, принимаемый фотоприемником, в общем случае имеет сложную стохастическую структуру, так как несет сведения об источнике излучения, параметрах среды, взаимном расположении излучателя и приемника, а также удаленности их друг от друга. Поэтому основой синтеза измерительного устройства является определение статистических свойств сигнала — математического ожидания на интервале T и оценок спектральной и корреляционной функций.

Согласно схеме (см. рис. 2), модулированный лазерный луч попадает на матричный фотоприемник ФП. Изменение интенсивности лазерного излучения в зависимости от расстояния описывается законом Бугера:

$$J(t, L) = J_0(t) \exp(-\alpha L).$$

Алгоритм для оценки смещения оси лазерного луча относительно центра ФП имеет вид

$$\Delta h = 1/T \int_T \Delta h(t) dt = 1/T \int_T \left[\prod_i k_i \{ (J_0(t, L) / 2 + \Delta J(t)) - (J_0(t, L) / 2 - \Delta J(t)) \} \exp(\alpha L) \right] dt. \quad (4)$$

Здесь Δh — смещение луча относительно центра ФП; J_0 — интенсивность лазерного луча; $\Delta J(t)$ — изменение интенсивности на ФП за счет смещения оси луча относительно центра ФП; L — расстояние; α — коэффициент затухания интенсивности луча; k_i — коэффициенты преобразования узлов структурной схемы. Индикацию расстояния L можно уточнить согласно формулам Бугера:

$$L = 1/2 [\ln J_0 - \ln J(t, L)]. \quad (5)$$

Блок-схема устройства (см. рис. 2) построена согласно алгоритмам (4) и (5). Оценку h и L производят следующим образом. На выходе из ФП формируются сигналы

$$U_{J_i}(t, L) = [J_0(t, L) / 2 + \Delta J(t, L)] k_{J \rightarrow U},$$

$$J_i(t, L) = J_{0i}(t) \exp(-\alpha L). \quad (6)$$

Эти сигналы проходят через полосовые фильтры 1, 2, усилители 3, 4, детекторы огибающей 5, 6, на выходе которых формируются сигналы постоянного тока. В сумматоре 7 выделяется разность сигналов

$$\Delta U_h(t, L) = k_{h \rightarrow U} \Delta h = [U_1(t, L) - U_2(t, L)]. \quad (7)$$

В сумматоре 8 выделяется сумма сигналов

$$U_J(t, L) = k_{J \rightarrow U} J(t, L) = [U_1(t, L) + U_2(t, L)]. \quad (8)$$

Сумматорный $U_J(t, L)$ и опорный U_{J_0} сигналы подаются на логарифматоры 9, 10 и сумматор 11, на выходе которого выделяется сигнал, пропорциональный L . С помощью масштабирующего делителя опорное значение затухания подается на умножитель 13, на выходе которого получают значение длины U_L : $L = k_i U_L$, которое высвечивается на индикаторе АЦП.

Разностный сигнал на выходе $SM7 \Delta U_h(t, L)$ поступает на нормирующий умножитель 18, на второй вход которого подается напряжение $U_L = k_i \exp(-\alpha L)$, сформированное функциональными преобразователями 14, 16 на основе алгоритмов (4) и (5). Выходной сигнал умножителя интегрируется и поступает на вход АЦП 17 с индикатором 21, на выходе которого получаем оценку

$$\Delta h(t, L) = \left[1/T \int_T \Delta U_h(t, L) k_\mu \exp(-U_\alpha U_L) dt \right] k_{U \rightarrow h}, \quad (9)$$

где $k_\mu, k_{U \rightarrow h}$ — масштабирующие коэффициенты.

Предлагаемая блок-схема позволяет реализовать в одном устройстве высокоточную регистрацию нестворностей и изменение расстояний с требуемой точностью.

1. Астащенко Г. Г. Геодезические работы при эксплуатации крупногабаритного промышленного оборудования. М., 1986. 2. Ямбаев Х. К. Геодезический контроль прямолинейности и соосности в строительстве. М., 1986.