

ВЫБОР И РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО СВЕТОДАЛЬНОМЕРА

§ 23. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО СВЕТОДАЛЬНОМЕРА

Оптические конструктивные элементы светодальномера и отражателя служат в основном для обеспечения наиболее эффективного использования излучаемого источником светового потока и для гарантирования возможности измерения максимальных расстояний с заданной точностью в условиях фоновых помех.

Потери лучистой энергии, определяемые отношением потока $\Phi_{\text{п}}$, несущего измерительную информацию и принимаемого приемником, к потоку $\Phi_{\text{ист}}$, излучаемому источником, может быть представлена выражением [71, 73]

$$\frac{\Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{ист}}} = K_{\text{пер}} K_{\text{отр}} K_{\text{пр}} K_a \tau_a^{2S}, \quad (197)$$

где $K_{\text{пер}}$, $K_{\text{отр}}$ и $K_{\text{пр}}$ — коэффициенты эффективности передающей оптической системы светодальномера, отражателя и приемной оптической системы светодальномера соответственно; K_a — коэффициент, учитывающий ослабление светового потока вследствие турбулентности атмосферы; τ_a — коэффициент пропускания атмосферы; S — измеряемое расстояние.

Значения коэффициентов K_a и τ_a для различных условий измерений и длин волн излучения были приведены ранее в гл. III.

Причинами энергетических потерь, уменьшающих эффективность того или иного оптического тракта светодальномера, могут быть виньетирование, потери на поглощение при прохождении различных оптических сред, потери при отражении и преломлении и другие потери. Передающая оптическая система светодальномера, помимо источника излучения 1 и объектива 4, формирующего узконаправленный лучистый поток, в случае внешней модуляции включает в себя модулятор 3 и специальную конденсорную оптическую систему 2, служащую для согласования источника излучения с модулятором (рис. 51).

Коэффициент эффективности передающей оптической системы светодальномера, в которой осуществляется внешнее мо-

дулирование интенсивности излучаемого потока, может быть представлен следующим образом:

$$K_{\text{пер}} = K_{\text{ист}} \tau_R \tau_M \tau_{\text{оп}} \frac{m}{2(1+\gamma)}, \quad (198)$$

где $K_{\text{ист}}$ — коэффициент использования источника излучения; τ_R , τ_M и $\tau_{\text{оп}}$ — коэффициенты пропускания конденсорной оптической системы, модулятора и объектива передающей оптической системы соответственно; m — глубина модуляции; γ — коэффициент нелинейных искажений, вносимых модулятором.

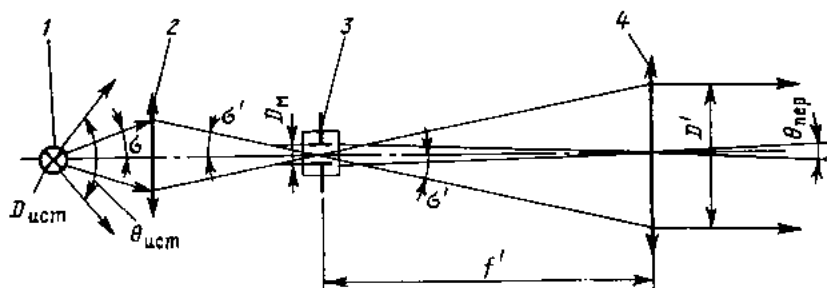


Рис. 51. Обобщенная оптическая схема передающей оптической системы геодезического светодальномера

Излучаемый передающей оптической системой активного отражателя (при измерении расстояния светодальномером с активным отражателем) световой поток может быть модулирован по интенсивности дважды. В этом случае коэффициент эффективности передающей оптической системы будет определяться по формуле

$$K_{\text{пер}} = K_{\text{ист}} \tau_R \tau_M \tau_{\text{оп}} \frac{m(2-m_2)}{4(1+\gamma)}, \quad (199)$$

где m_2 — глубина модуляции, обеспечиваемая при дополнительной модуляции.

Когда излучаемый передающей оптической системой световой поток модулирован по поляризации, ее коэффициент эффективности определяется выражением

$$K_{\text{пер}} = K_{\text{ист}} \tau_R \tau_M \tau_{\text{оп}}. \quad (200)$$

Конструктивные параметры (τ_M , m и γ) модуляторов светового потока приведены в табл. 10, а коэффициенты пропускания оптических систем могут быть определены по известной обобщенной формуле

$$\tau = \tau_{\text{оп}}^S \tau_n^N \tau_o^{N_0}, \quad (201)$$

где $\tau_{\text{оп}}$ — коэффициент прозрачности оптической детали (коэф-

коэффициент прозрачности оптического стекла $\sim 0,99$); $S_{оп}$ — длина пути, проходимого световым потоком в оптической детали, см; $\tau_{п}$ — коэффициент, учитывающий потери на отражение при преломлении (для «просветленных» преломляющих поверхностей $\tau_{п} \approx 0,98 \div 0,99$); $N_{п}$ — число преломляющих поверхностей; $\tau_{о}$ — коэффициент, учитывающий потери на поглощение при отражении (для диэлектрического зеркального покрытия $\tau_{о} \approx 0,98 \div 0,99$); $N_{о}$ — число отражающих поверхностей.

Поскольку излучаемый источником световой поток, согласно закону Ламберта,

$$\Phi_{ист} = \pi L_{ист} S_{ист}, \quad (202)$$

где $L_{ист}$ — яркость источника; π — телесный угол, в котором происходит излучение; $S_{ист}$ — площадь излучающего участка источника, то коэффициент $K_{ист}$ использования источника определяется неполным использованием телесного угла, в котором происходит излучение, и площади излучающего участка источника

$$K_{ист} = \frac{\Omega_{и}}{\pi} \cdot \frac{S_{и}}{S_{ист}}, \quad (203)$$

где $\Omega_{и}$ и $S_{и}$ — используемые в действительности телесный угол и площадь излучающего участка источника соответственно.

Изображение излучающего участка поверхности источника при помощи конденсорной оптической системы с увеличением β_k строится в плоскости действующей диафрагмы модулятора. При этом выходной апертурный угол $2\sigma'$ конденсорной системы должен быть не менее относительного отверстия модулятора или объектива (см. рис. 51), следовательно,

$$\frac{\Omega_{и}}{\pi} \approx \frac{4\sigma^2}{\theta_{ист}^2} = \frac{D'^2 \beta_k^2}{\theta_{ист}^2 f'^2}, \quad (204)$$

где $2\sigma = 2\sigma' \beta_k$ — угол «охвата» конденсорной оптической системы; $2\sigma' = \frac{D'}{f'}$ — выходной апертурный угол конденсорной системы, равный относительному отверстию объектива; D' — диаметр выходного зрачка светодальномера (диаметр светового отверстия объектива передающей оптической системы светодальномера); $\theta_{ист}$ — расходимость светового потока, излучаемого источником; f' — фокусное расстояние объектива передающей оптической системы светодальномера.

При этом предполагается, что изображение излучающего участка поверхности источника полностью заполнит площадь S_M действующего отверстия модулятора

$$S_{ист} \beta_k^2 > S_M, \quad (205)$$

следовательно, виньетирование, вносимое модулятором, будет определять значение отношения $S_M : S_{ист}$ (см. рис. 51):