

О возможности расчёта широкоугольных объективов с особыми требованиями к мгновенному полю зрения и освещенности

А.В. Правдивцев

Научно-исследовательская группа «Конструктивная Кибернетика», Москва, Россия

avp@rdcn.ru

С появлением матричных приёмников излучения (МПИ) большой размерности, для решения определённых задач, становится целесообразным в тепловизионных и тепlopеленгационных системах применять широкоугольные оптические системы (ОС). В свою очередь, тепловые пеленгационные станции требуют, для случая статистически однородных фонов, равномерного потенциального отношения «сигнал/фон» по всему полю зрения. Кроме того, для увеличения динамического диапазона оптико-электронной системы (ОЭС), требуется получить равномерность освещенности в плоскости изображения. В связи с этим становится актуальным вопрос разработки ОС со специфическими требованиями по изменению мгновенного (элементарного) поля зрения (IFOV) и освещенности в плоскости изображения.

Сравним два случая формирования ОС, отличающихся требованиями по коррекции IFOV и итоговой освещенности: в первом допускается отклонение от равномерности не более 10%, во втором – 1%. Рассмотренные ОС предназначены для работы с удалёнными объектами и могут быть использованы в мультисенсорной ОЭС. В этом случае интегральное поле зрения формируется с использованием ряда однотипных модулей. Один из вариантов формирования общего поля зрения с минимальным перекрытием это применение ОС с полем зрения 61° .

При синтезе и оптимизации оптических систем применялась полуаналитическая методика, позволяющая контролировать изменение мгновенного поля зрения пикселя и освещенности в процессе проектирования. Она основана на расчёте итоговой освещенности в плоскости МПИ, с учетом как предполагаемого применения ОЭС, так и технических характеристик используемых ОС.

Получение требуемого отклонения IFOV и освещенности возможно в 2-х отличающихся конструкциях ОС: а) использование охлаждаемого приёмника излучения, диафрагма ОС располагается после объектива; б) перенос части линз в холодную область приёмника. Разработка ОС с допустимым отклонением IFOV и освещенности 1% возможна только с использованием варианта б (не рассматривается случай применения просветляющих покрытий, уменьшающих пропускание в центре поля для коррекции равномерности освещенности).

В результате было рассчитано три варианта ОС, обладающие следующими характеристиками: угловое поле в пространстве предметов 61° , относительное отверстие системы 1:1, спектральный диапазон 3.6-4.8 мкм, размерность охлаждаемого матричного приёмника излучения 512x512, размер пикселя 15 мкм, концентрация энергии в квадрате размером 2x2 пикселя более 85%. Так как разработанные системы разрабатывались с учётом возможности использования их в мультисенсорной ОЭС, одним из требований была минимизация габаритов ОС.

На рис. 1 приведены изменение мгновенного поля зрения пикселя (а) и относительная итоговая освещенности по полю зрения (б); в таблице 1 приведены относительные характерные размеры полученных ОС.

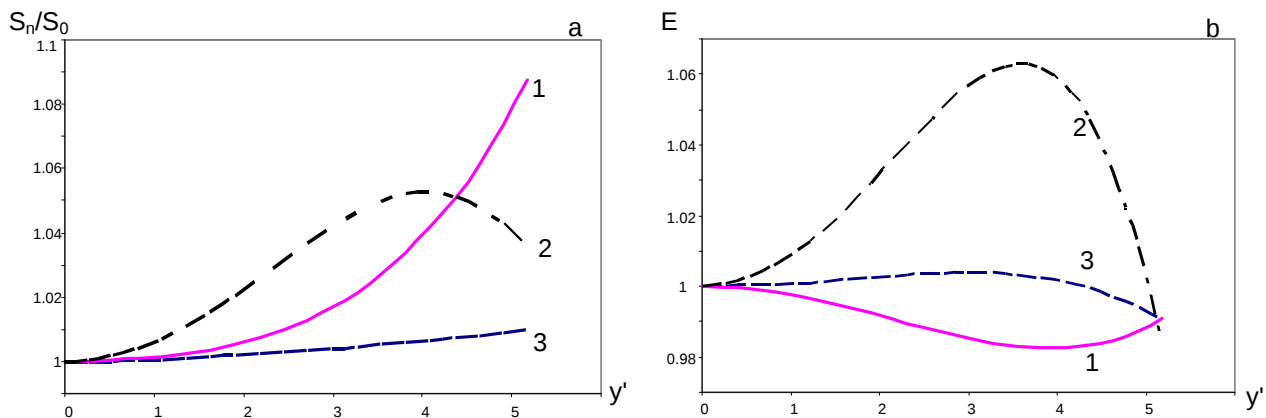


Рис. 1. а) Изменение мгновенного поля зрения пикселя; б) Относительная итоговая освещенность на приёмнике.

Цифрами на рис. 1 и в таблице 1 обозначены варианты: 1 – ОС с апертурной диафрагмой расположенной после объектива; 2– ОС, часть линз которой перенесено в криогенную область; 3 – ОС с линзами в криогенной области с требованиями по отклонению IFOV и освещенности менее 1%. В таблице 1 за единичные значения параметров приняты таковые для варианта 2.

Для варианта 1 полученная коррекция равномерности освещенности стала возможной за счет увеличения мгновенного поля зрения пикселя на краю поля; данное изменение должно быть учтено в алгоритмах обработки изображения.

Таблица 1. Относительные габариты ОС

Вариант	L_{OS}	L_C	D_{FL}	D_W	V_{CA}
1	1.9	0.65	1.30	1.85	1.10
3	1.2	1.25	1.15	1.35	1.50

Перенос линз в холодную область позволил существенно уменьшить L_{OS} – длину совокупности ОС-приёмник излучения, а так же D_{FL} - диаметр первой линзы. Несмотря на некоторое увеличение длины холодной области (L_C), изменение её геометрии, за счёт уменьшения размеров входного окна приёмника (D_W), позволило уменьшить объем холодной области (V_{CA}). Кроме того, в этом случае стало возможным получения более высокого качества одновременной коррекции равномерности IFOV и освещенности.

Продемонстрирована возможность синтеза объективов с заданными, особыми требованиями к равномерности мгновенного поля зрения и освещенности в плоскости охлаждаемого приёмника. Проведено сравнение рассчитанных вариантов с отклонением от равномерности IFOV и освещенности не более: 10% и 1%, по каждому параметру. Таким образом, подтверждена работоспособность оригинальной методики синтеза. В настоящий момент проводятся исследования на предмет её расширения и определения границ применимости.