

## **Метод оценивания внутреннего паразитного излучения оптических трактов инфракрасных систем**

Макаренко А.В., канд. техн. наук; Правдивцев А.В; Юдин А.Н.

Федеральное космическое агентство РФ  
ОАО «НПК «Системы прецизионного приборостроения»

E-mail: apravd@gmail.com

Современные тепло-пеленгационные системы, предназначенные для обнаружения объектов, как правило, работают в среднем (3-5 мкм) и/или дальнем (8-14 мкм) ИК-диапазонах. В случае применения в составе этих систем фотонных приёмников, они охлаждаются до криогенных температур (типичные значения 30-80 К). Это позволяет достичь режима BLIP (Background Limited Infrared Photodetector – ограничение чувствительности приёмника флуктуациями фона), когда пороговый поток эквивалентный шуму приёмника лимитируется флуктуациями фонового излучения, определённую долю в котором занимает паразитное излучение оптического тракта тепло-пеленгационной системы.

В работе описан метод, позволяющий моделировать паразитные потоки, приходящие на приёмник и порождаемые в оптических трактах оптико-электронных систем инфракрасного диапазона 3–5 и 8–14 мкм. В основе метода лежит универсальная математическая модель, настраиваемая на конкретную схему, и параметры анализируемого оптического тракта (возможен прямой импорт схем из широко распространённых конструкторских САПР). Модель учитывает излучение и многократные переотражения от линз, оправ и иных конструктивных элементов оптического тракта, оперирует реальными материалами и покрытиями. В модели также можно гибко задавать конфигурацию и параметры приёмника излучения. Оценивание потока, падающего на приёмник, производится путём прямого расчёта реального хода лучей от заданных источников с учётом свойств среды распространения излучения и с учётом аберраций оптической системы.

Ядром разработанной модели является вычислительная среда САПР Zemax. Выбор в пользу данного программного продукта был сделан исходя из того, что среди специализированных программ решающих подобные задачи (ASAP, LightTools, TracePro и др.), Zemax, при схожей функциональности, имеет наименьшую стоимость анализа и синтеза оптических систем. Кроме того эта программа весьма доступна. Следовательно, на базе одной платформы САПР, возможно создавать комплексные имитационно-моделирующие системы для отработки оптических трактов оптико-электронных систем ИК диапазона. Это в свою очередь сокращает сроки и стоимость разработки, отладки и эксплуатации моделирующих стендов.

Представленная методика анализа фоновых засветок порождаемых оптическими трактами ИК-систем позволяет получать абсолютные значения паразитного потока попадающего на приёмник, оценивать пространственное распределение потока по поверхности приёмника, а также анализировать вклад каждого из элементов тракта в суммарный паразитный поток. Совокупность формируемых моделью оценок параметров паразитного потока позволяет конструктивно решать не только прямую, но и обратную задачу – оптимизировать характеристики и конфигурацию оправ оптических элементов и иных конструктивных элементов оптического тракта для уменьшения уровня паразитных засветок.

В работе было проведено исследование адекватности описываемой модели, как для случая оценивания интегрального паразитного потока, так и для оценивания пространственного распределения паразитного потока. Показано, что относительная систематическая ошибка во всех случаях не превышает 1.14% в сравнении с аналитическими расчётами по точным формулам. Планируется также проверка точности модели по результатам экспериментов с реальными объектами.

В настоящее время модель уточняется с целью повышения её информационных возможностей. Это в первую очередь касается оценивания статистических характеристик паразитного потока, и учёта рассеивания излучения в линзах и на элементах оправ оптических элементов и иных конструктивных элементах оптического тракта. Второй по важности задачей является расширение модели для возможности анализа многодиапазонных оптических систем. А также учёт в расчётах возможности появления в оптическом тракте сильных градиентов температур.