

УДК 621.317.799

ОЦЕНКА ОСВЕЩЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ

Медведев М.В., Корнилин Д.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

После отделения полезной нагрузки (спутника) от третьей ступени ракеты-носителя траектории движения в силу определенных обстоятельств могут быть такими, что возможно столкновение. Оно может привести к сбою в работе систем спутника или существенно повлиять на его вывод на заданную орбиту. Зафиксировать сам факт столкновения и учесть возможные аномалии в движении тел после отделения позволит система визуального контроля процесса отделения.

Существующие системы визуального контроля состоят из множества видеокамер, и являются дорогостоящими и избыточными с точки зрения решаемой задачи: определения факта отделения и параметров движения. Для решения поставленной задачи предлагается устройство получения и передачи отдельных снимков в реальном времени через спутники Globalstar в сеть Internet, а также сохранения видеоинформации непосредственно на Flash-карту памяти. Информация с карты также может быть передана на Землю через модем или получена с помощью спускаемого аппарата. Предполагается использовать две видеокамеры, установленные по оси ракеты-носителя и спутника. Камера на третьей ступени имеет беспроводной интерфейс для передачи данных на полезную нагрузку.

Система обеспечивает видео/фотосъемку до определенного взаимного удаления объектов или по истечении времени записи. На полезной нагрузке устройством осуществляется предварительная обработка отснятого материала (сжатие, анализ движения и т.д.) и передача посредством модема на Землю. При этом передача может производиться как по команде с Земли, так и по окончании съемки и обработки информации.

Одной из основных проблем при разработке оптической части системы является неизвестная изначальная освещенность объектов. В работе производится оценка наихудшего возможного варианта – когда съемка производится в темное время суток при отсутствии солнечного и иных видов освещения (отражения света от Луны, от Земли). Предлагается использование сверхярких светодиодов, устанавливаемых непосредственно на объектах. Светодиоды размещаются по окружности на внешней стороне спутника и ракеты-носителя (как габаритные огни), таким образом становятся видны контуры объектов. Предлагается также использовать светодиоды разных цветов для определения ориентации объектов в пространстве и последующего анализа их движения (например, вращения). Преимуществом предложенного метода по сравнению с использованием внешней подсветки является значительно меньшая требуемая мощность источника излучения, так как регистрироваться будет прямой свет, а не отраженный.

В результате работы получены соотношения и построены соответствующие графики, которые позволяют сформулировать требования к светодиодам, в частности по мощности излучения и по ширине диаграммы направленности.

Зависимость освещенности поверхности объекта, создаваемой светодиодом с силой света I от расстояния L между спутником и ступенью определяется выражением:

$$E = I \cdot \frac{L}{(d^2 + L^2)\sqrt{d^2 + L^2}} \quad (1)$$

где d – расстояние от центра спутника/ступени до светодиодов, м;

L – расстояние между спутником и ступенью, м;

I – сила света источника, Кд.

На рисунке 1 представлен график полученной зависимости.

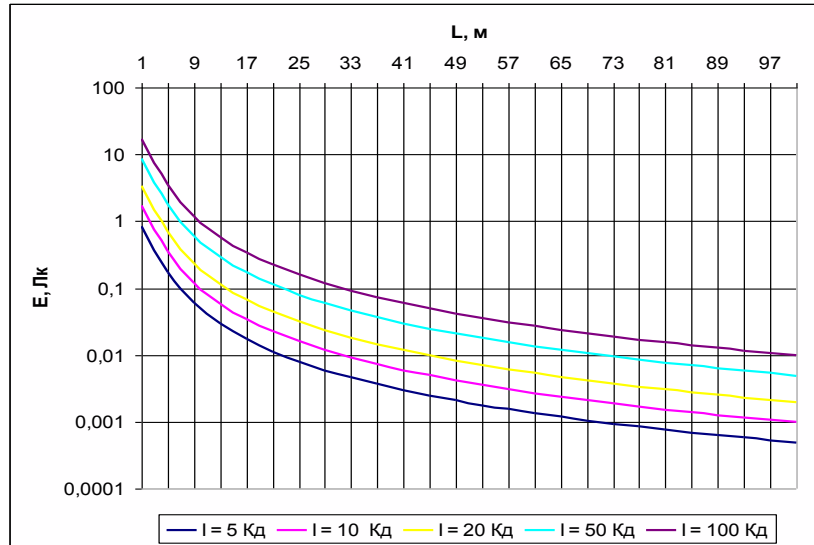


Рисунок 1. Зависимость освещенности поверхности E от расстояния между объектами L для светодиодов с различной силой света

Необходимый угол излучения светодиода будет зависеть от удаленности объектов друг от друга, и вычисляться по формуле:

$$\theta_{min} = \arctan\left(\frac{L}{H}\right) \quad (2)$$

где θ_{min} — минимально необходимый угол излучения светодиода, град.

На рисунке 2 представлен график зависимости требуемого угла излучения светодиода от расстояния между объектами.

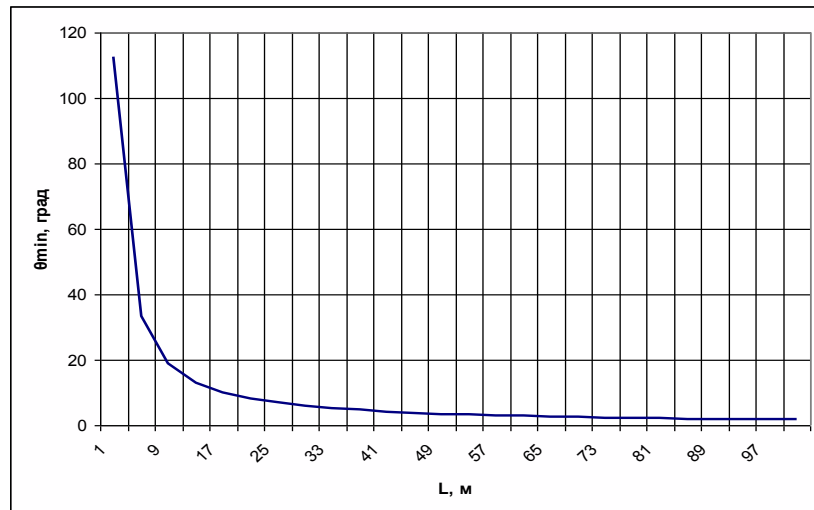


Рисунок 2. Зависимость требуемого угла излучения светодиода от расстояния между объектами

Анализируя график, представленный на рисунке 2, можно сделать вывод, что для наблюдения объектов в интервале рабочих расстояний от 3-4 м необходимы светодиоды с достаточно широким углом излучения ($>110^\circ$). Однако, чтобы добиться приемлемой освещенности на больших расстояниях, необходимы светодиоды с высокой плотностью излучаемой мощности. Поэтому целесообразно применять два типа светодиодов: с широкой диаграммой направленности для небольших расстояний и узкой диаграммой направленности для регистрации на удалении.