

**ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РЕШЕНИЯ В ЧАСТИ  
ТЕРМО-ВИДЕОТЕЛЕМЕТРИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ  
И РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Д.И. Климов, Д.И. Косарев, Т.Т. Мамедов

Научный руководитель: с.н.с., к.т.н. В.А. Благодарёв

Акционерное общество «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения  
и информационных систем»

(АО «Российские космические системы»)

Россия, г. Москва, ул. Авиамоторная, 53, 111250

E-mail: [mitguitar@yandex.ru](mailto:mitguitar@yandex.ru)

Неудачные пуски РКН в 2013-2016 годах (например, 02.06.2013, 16.05.2014, 16.05.2015 – Протон-М, 01.02.2013 – Зенит-3SL, 22.08.2014 – Союз-СТ-Б, 01.12.2016 – Союз-У) показывают, что существующих средств телеметрирования состояния объектов (для однозначного оперативного заключения о причинах аварий) недостаточно, при этом температура – основной фактор, влияющий на параметры конструкционных материалов. Термо-видеотелеметрия (ТВТ) позволит обеспечить оперативный анализ нештатных ситуаций за счёт отслеживания аномальных температурных зон по видеоизображению поверхности рассматриваемого изделия, получаемому с борта космических аппаратов и ракет-носителей.

Таким образом, причиной выбора данного направления исследований является необходимость видеоконтроля наиболее важных процессов, сопровождающих движение космических аппаратов и ракет-носителей, в том числе контроль термообстановки перспективных изделий ракетно-космической техники.

Разрабатываемая система позволяет:

- обеспечивать видеоконтроль наиболее важных процессов, сопровождающих движение средств выведения (СВ) и космических аппаратов (КА) (отделение ступеней средств выведения, сброс обтекателя, отделение КА, и пр.),
- обеспечивать видеоконтроль термообстановки термонагруженных элементов СВ и КА, которое сложно осуществить температурными датчиками,
- обеспечивать видеоконтроль распределения температурных полей по поверхностям термонагруженных элементов СВ и КА,
- использовать применение помехозащищённых и эффективных методов сжатия для передачи видеоинформации по радиоканалу, не приводящих к искажению видеоизображений при восстановлении.

Для видеоконтроля динамических, быстропротекающих процессов, сопровождающих движение СВ и КА на этапах выведения и разделения полезной нагрузки, предусмотрено использование повышенной частоты следования кадров до 25 кад/с (или 50 полукадров) и более.

Для обеспечения устойчивого контроля состояния СВ и КА в случае большой дальности приёма видеоданных процесс измерения температуры может осуществляться с пониженной частотой передачи кадров. Для этого требуется передавать на наземную станцию не видеоизображение, а данные о зоне обзора, координатах наиболее термонагруженных областей (точек), относящихся к данной зоне обзора, их температуре и превышении допустимого температурного порога.

Видеокамеры допускается располагать вблизи термонагруженных элементов, а также в местах прямого радиационного потока [4].

В качестве исходных данных для системы измерения температуры термонагруженных объектов на борту КА, в диапазонах от инфракрасного до ультрафиолетового посредством

термо-видеотелеметрии, выступают данные, связанные с характеристиками видеосистемы, приведённые в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики ТВТС

| № п/п | Наименование характеристики                                   | Значение                            |
|-------|---|-------------------------------------|
| 1     | Количество видеокамер   | 1 - 16                              |
| 2     | Разрешение  | От 160×120 до 1040×1160             |
| 3     | Угол обзора видеокамеры (ВК), °                               | 30 ... 80                           |
| 4     | Частота кадров (полукадров) изображения                       | 1...25 (2...50)                     |
| 5     | Диапазон длин волн, мкм                                       | 0,3 ... 10,0                        |
| 6     | Диапазон измеряемых (наблюдаемых) спектральных температур, °К | 300 ... 9500                        |
| 7     | Шаг и погрешность измерения температуры $\Delta T$ , К        | 3 ÷ 10                              |
| 8     | Рабочий диапазон температуры для ТВТС, °С                     | -40 ... +50                         |
| 9     | Напряжение питания борт сети, В                               | 27                                  |
| 10    | Энергопотребление ТВТС, А                                     | 2-3                                 |
| 11    | Масса ТВТС (с защитой), кг                                    | 5                                   |
| 12    | Способ формирования телеметрического кадра                    | Пакетная телеметрия стандарта CCSDS |
| 13    | Информативность, кбит/с                                       | (6...10000)                         |

Новизна рассматриваемой работы заключается в том, что:

1. Разработан алгоритм вычисления температуры [2].
2. Разработан алгоритм отображения видеоинформации для отслеживания термообстановки объекта [3].
3. Разработаны методики расчета термо- и радиационной защиты для видеокамер, расположенных вблизи термонагруженных элементов космических аппаратов и ракет-носителей [4].
4. Предложен математический аппарат для расчёта схем размещения видеорегирующей системы на объекте наблюдения [4].

Основные направления дальнейшего использования предполагаемых результатов заключается в использовании новых технологических решений в ОКР, реализуемых в рамках ФКП-2025.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишневский Г.И. Отечественные УФ и ИК ФПЗС и цифровые камеры на их основе. Журнал / Г.И. Вишневский, М.Г. Выдревич, В.К. Нестеров, В.Л. Ривкинд // Электроника: наука, технология, бизнес – 2003. – № 8. – С. 18-24.
2. Климов Д.И. Использование инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов для отслеживания температурных параметров КА и РН/ Д.И. Климов, В.А. Благодырёв // М.: Радиотехника – 2012. – №12. – С. 22-26.
3. Климов Д.И. Представление температурных диапазонов нагретых элементов конструкций космического аппарата в видимом диапазоне длин волн с учётом интегрального коэффициента теплового излучения / Д.И. Климов, В.А. Благодырёв // М.: Радиотехника. – 2014. – Т. 19, №3 – С. 62-65.
4. Климов Д.И. Термовидеосистема для установки на космические аппараты и ракеты-носители / Д.И. Климов, В.А. Благодырёв // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2016. – Том 3, выпуск 3. – С. 76-83.