

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ПРИБОРОВ В КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Козлов С.И. Email: Kozlov657@scientifictext.ru

Козлов Сергей Игоревич – аспирант,
кафедра технического регулирования и метрологии,
Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

Аннотация: целью данной статьи является анализ применения приборов, использующих излучение инфракрасного диапазона, в космической технике. В приведенной статье описаны возможности применения инфракрасных приборов, а также системы, которые построены на их основе. Рассмотрены система обнаружения раннего пуска баллистических ракет, система ориентации и стабилизации, система дистанционного зондирования Земли и другие. В заключение статьи приведены возможные перспективы развития инфракрасных приборов в области космической техники, а также научно-технические задачи, которые необходимо решить для расширения области применения инфракрасных приборов в метрологии и преобразовании (для обнаружения и контроля).

Ключевые слова: космическая техника, инфракрасные приборы, инфракрасное излучение, дистанционное зондирование Земли, космический аппарат, спутник.

THE USE OF INFRARED INSTRUMENTS IN SPACE TECHNOLOGY AND FURTHER PROSPECTS OF THEIR DEVELOPMENT

Kozlov S.I.

Kozlov Sergey Igorevich – Postgraduate Student,
DEPARTMENT OF TECHNICAL REGULATION AND METROLOGY,
RESHETNEV SIBERIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, KRASNOYARSK

Abstract: the purpose of this article is to analyze the application of devices using infrared radiation in space technology. This article describes the possibility of using infrared devices, as well as systems that are based on them. The system of detection of early launch of ballistic missiles, the system of orientation and stabilization, the system of remote sensing of the Earth and others are considered. In conclusion, the article presents possible prospects for the development of infrared devices in the field of space technology, as well as scientific and technical problems that need to be solved to expand the field of application of infrared devices in Metrology and transformation (for detection and control).

Keywords: space technology, infrared devices, infrared radiation, remote sensing of the Earth, spacecraft, satellite.

УДК 629.783

Более двухсот лет назад был проведен эксперимент, перевернувший фундамент физической теории света. В 1800 г. английский ученый Вильям Гершель, используя обычный ртутный термометр, исследовал распределение энергии в солнечном свете. Гершель с помощью стеклянной призмы разложил солнечное излучение по цветам. Передвигая термометр от фиолетового цвета к красному, он доказал, что температура после границы красного цвета не только не стала опускаться, но и начала увеличиваться! Гершель доказал, что солнце испускает помимо видимого света еще и лучи, которые невидны человеческому взгляду (опыт Гершеля проиллюстрирован на рисунке 1). Данные лучи назвали инфракрасными, то есть лежащими за пределами границ красного цвета солнечного излучения [1].

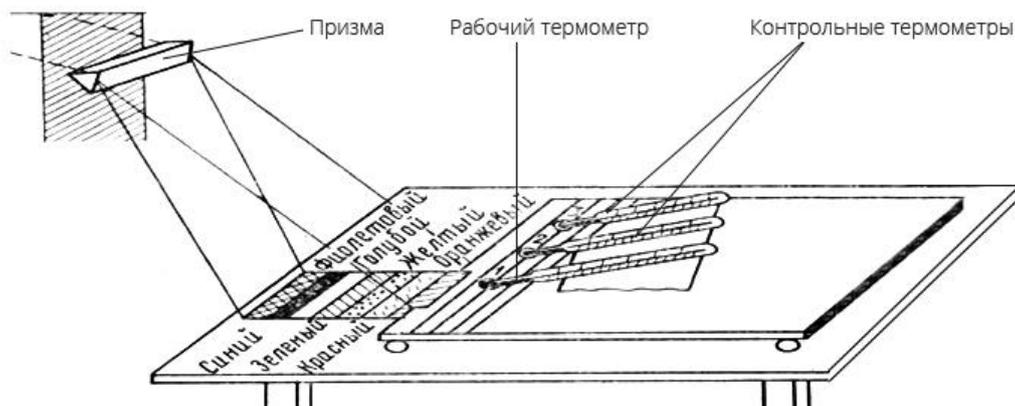


Рис. 1. Схема проведения опыта Гершеля

Инфракрасное излучение обладает свойствами, как видимого света, так и свойствами радиоволн (оно может проходить сквозь некоторые материалы, непрозрачные для видимого излучения). Его также называют «тепловым излучением», так как инфракрасное излучение от нагретых предметов воспринимается кожей человека как ощущение тепла. Излучаемая телом длина волны зависит от его температуры: чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения. Инфракрасное излучение занимает спектральную область между красным концом видимого света (длина волны $\lambda=0,74$ мкм) и микроволновым радиоизлучением (длина волны $\lambda\sim 1-2$ мм). Диапазон инфракрасного излучения можно условно разделить на следующие области: ближняя ($\lambda=0,74-2,5$ мкм), средняя ($\lambda=2,5-50$ мкм), дальняя ($\lambda=50-2000$ мкм). При этом ближняя область примыкает к видимому спектру, а дальняя сливается с областью ультракоротких радиоволн.

Применение инфракрасного излучения в современном мире довольно разнообразно. Его используют для визуализации объектов в условиях плохой видимости, в термографии, инфракрасные снимки используются для обнаружения небесных тел, в различных обогревателях и во многих других технических средствах. Но целью данной статьи является анализ применения указанного излучения в приборах космического назначения, а также оценка дальнейших перспектив развития данного направления приборостроения.

Выделим основные области применения приборов и устройств, использующих ближнее инфракрасное излучение с длиной волн $\lambda=0,77\div 340$ мкм (далее будем называть их инфракрасные приборы), и рассмотрим каждую поподробнее. Инфракрасная аппаратура на космических аппаратах применялась еще в 60-х годах прошлого столетия. Целью данных приборов является преобразование определенного теплового излучения в информативный электрический или электромагнитный сигнал и передача его на Землю. Итак, основными областями применения инфракрасных приборов на космических аппаратах являются применение их в системах:

- раннего обнаружения пуска баллистических ракет;
- ориентации и стабилизации космических аппаратов;
- высокодетального дистанционного зондирования Земли;
- космических обсерваторий и телескопов.

Системы раннего обнаружения пуска баллистических ракет

Приборы, использующие в своей работе инфракрасное излучение, впервые были использованы в системах распознавания пуска ракет еще в шестидесятых годах прошлого столетия. Одним из первых спутников, имевшем на борту описанную выше аппаратуру, являлся запущенный в 1960 году военный спутник «Мидас» (Соединенные Штаты Америки). Его принцип работы заключался в обнаружении инфракрасного факела ракеты. Но главной особенностью данной системы было то, что в её поле зрения не попадали посторонние большие инфракрасные источники на поверхности Земли. Это происходило за счёт того, что путь баллистической ракеты сначала проходил через плотные слои атмосферы, где частицы воды и углекислого газа не позволяли аппаратуре фиксировать излучение, а затем ракета переходила в верхние слои атмосферы в зону действия аппаратуры спутника. Данная система позволяла фиксировать ракеты на высоте от 15 км, на которую она поднималась не более чем через 5 мин. [2-5]

Данный принцип проектирования систем обнаружения пусков ракет постоянно совершенствуется и является основой для современных систем такого типа. Одними из крупнейших таких систем являются американская SBIRS и российская Единая космическая система обнаружения и боевого управления (ЕКСОиБУ) «Тундра».

Системы ориентации и стабилизации космического аппарата

Приборы, использующие излучение инфракрасного диапазона, активно используются в построении систем ориентации и стабилизации космического аппарата. Данными приборами являются приборы ориентации по Земле (ПОЗ). ПОЗ представляет собой оптико-электронный блок, который измеряет угол между системой координат космического аппарата и направлениями на край диска планеты в разных точках горизонта. Затем по измеренным показаниям он ориентирует космический аппарат на Землю в соответствии с заложенной программой. Инфракрасное изображение диска планеты в приборе формируется с помощью фотоприёмной матрицы, работающей в инфракрасном диапазоне (диапазоне излучения Земли). Современные приборы ориентации по Земле могут функционировать на высоте до 40000 км от 10 до 15 лет. Они работают в инфракрасном диапазоне с длиной волны 14-16 мкм. [6]

Описанный тип приборов используется в построении систем ориентации и стабилизации до сих пор на различных спутниковых аппаратах.

Система высокодетального дистанционного зондирования Земли

Функционирование спутниковых аппаратов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) заключается в следующем. На спутниковых аппаратах установлены различные виды съёмочной аппаратуры, работающей в диапазонах волн от видимых до радиоволн. Также различаются методы зондирования земной поверхности. Они могут быть пассивные, то есть использовать естественное тепловое излучение

объектов, вызванное солнечной активностью, а могут быть активными, то есть использовать вынужденное излучение объектов, созданное источниками направленного действия. Снимки земной поверхности очень сильно зависят от прозрачности атмосферы. Поэтому на космических аппаратах ДЗЗ используются приборы одновременно пассивного и активного типа, регистрирующие электромагнитное излучение широкого диапазона. Современные системы ДЗЗ могут получать фотографии со сверхвысоким пространственным разрешением до 41 см и температурным разрешением 0,1-0,2 °С. Данные системы способны работать в мультиспектральном диапазоне волн от 0,44 до 12,5 мкм [7-10].

Фотографии, полученные с помощью спутников ДЗЗ, могут быть использованы как для гражданского применения (создание высокодетальных карт местности), так и для проведения военных операций. Впервые описанные выше космические аппараты появились в 1960-х годах (запуски военных разведывательных спутниковых систем CORONA, ARGON, LANYARD и других). Также разработки спутников данного типа велись в Советском союзе и Европе. С 1992 года NASA была объявлена стратегия построения нового типа спутников «Faster, Better, Cheaper» (Быстрее, Лучше, Дешевле), что определило одно из ключевых направлений развития современных спутниковых систем ДЗЗ [7].

Космические обсерватории и телескопы

Огромную роль в развитии астрономии играют космические обсерватории и телескопы. Последние научные достижения в ее области были открыты именно с помощью них. Из-за воздействия атмосферы большая часть информации о различных космических телах, представляющая собой излучения различных диапазонов, не достигает поверхности Земли. Поэтому и появилась необходимость располагать телескопы и обсерватории в космическом пространстве.

Первые космические телескопы работали на орбите совсем небольшой промежуток времени, но с развитием технологии срок их существования значительно вырос. Одним из видов космических телескопов являются телескопы, принимающие излучение в инфракрасном диапазоне. Из-за их большого веса и из-за необходимости защиты инфракрасного приемника от постороннего воздействия их было запущено небольшое количество.

Также существуют наземные обсерватории, которые изучают космическое излучение в инфракрасном диапазоне. Одной из таких обсерваторий является APEX. Она работает с излучением в диапазоне от 0,2 до 1,5 миллиметра (субмиллиметровый участок спектра). Благодаря данному спектру появляется возможность исследовать объекты в далеком Космосе. Слабые сигналы субмиллиметрового спектра плохо проходят через насыщенную водяными парами атмосферу Земли, поэтому данная обсерватория была размещена в идеальном для нее месте – на Плато Чакантор в очень сухой чилийской пустыне.

Перспективы развития и применения инфракрасных приборов

В вышеуказанном материале было рассмотрено применение инфракрасных приборов в различных областях космической техники. Для представления полной картины их использования приведем также возможные перспективы развития. Итак, в настоящее время инфракрасные приборы могут быть усовершенствованы и применены в следующих областях:

- инфракрасные приборы широко применяются в космических аппаратах военного назначения. Особенно востребовано их применение в аппаратах раннего обнаружения пуска баллистических ракет. На данный момент ведущие ядерные державы обеспокоены необходимостью превентивного ядерного удара, поэтому учеными этих стран ведутся постоянные разработки в этой области. Огромных успехов в этой области особенно достигли ученые и инженеры Российской Федерации и Организации Североатлантического договора (НАТО);

- активно используются и развиваются инфракрасные приборы для построения систем ориентации и стабилизации. Существует огромное количество различных научно-производственных объединений, занимающихся их разработкой. Они могут предложить широкий ассортимент инфракрасных приборов ориентации. На данный момент тенденции к сокращению данного типа приборов не наблюдается. Основным направлением их развития является увеличение точности ориентации и снижение массы. Средняя точность приборов в настоящее время составляет 4-5 угл. мин, а масса варьируется в пределах 4 кг. Данную задачу усовершенствования возможно осуществить путем модернизации инфракрасной матрицы, с целью повышения точности ее работы, а также увеличения ее стойкости к воздействиям космического пространства, что отразится на массе приборов;

- очень перспективной областью применения приборов, использующих излучение инфракрасного диапазона, являются системы дистанционного зондирования Земли. На данный момент существует большое количество указанных систем, и оно продолжает расти, так же, как и география их применения. С началом тенденции создания малых космических аппаратов ДЗЗ их количество неуклонно растет. К их созданию, ввиду их несложной конструкции и невысокой стоимости, могут подключаться не только огромные аэрокосмические корпорации, но и частные компании. Благодаря таким компаниям спутники ДЗЗ появились у Алжира, Турции, Нигерии, Китая, Испании и других стран. Инфракрасные приборы имеют огромные перспективы применения и развития при создании систем дистанционного зондирования Земли. Основными направлениями их развития являются:

- улучшение пространственного разрешения;
- добавление новых спектральных каналов;
- автоматизация процессов обработки и оперативного предоставления данных;
- применение инфракрасных приборов в создании космических обсерваторий и телескопов несет огромную пользу для исследования космического пространства, но сопровождается огромными сложностями. Перспективы их применения имеются, но необходим качественный научный и технологический прорыв. Основные проблемы, требующие решения и на которые необходимо направить всевозможные усилия – это уменьшение массы телескопа в целом и системы охлаждения его инфракрасных датчиков, которая защищает его от фонового инфракрасного излучения. Данную задачу возможно будет осуществить только после разработки новых конструкционных материалов и микроэлектроники.

Заключение

Проанализировав вышепредставленный материал об использовании инфракрасных приборов в освоении космического пространства и его исследовании, исследованиях галактик, планеты Земля и других планет можно сделать следующие выводы:

- инфракрасные приборы очень востребованы в различных областях космической техники и метрологии;
- с началом применения данного типа приборов на космических аппаратах, можно сказать, началась новая эпоха. Качественно скакнули вперед возможности спутниковых систем;
- разработка систем, использующих излучение инфракрасного диапазона, велась, в основном, для аппаратов военного назначения, но со временем, нашла большое применение и для гражданских нужд;
- перспективы применения инфракрасных приборов огромны, как и на земной поверхности, так и в космическом пространстве.

Список литературы / References

1. *Голин Г.М., Филонович С.Р.* Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. Пособие. М.: Высшая школа, 1989. 576 с.
2. *Жуков В.Н.* Физика в бою. М.: Военное издательство, 1967. 152 с.
3. *Задорожный В.* Американская космическая система обнаружения пусков баллистических ракет // Зарубежное военное обозрение, 2017. № 2. С. 57-61.
4. *Захаренков В.Ф., Мирзоева Л.А.* Космическая система раннего обнаружения стартов межконтинентальных баллистических ракет первого поколения // www.kik-sssr.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kik-sssr.ru/Main_Oko.htm/ (дата обращения: 3.02.2019).
5. Предупреждение о ракетном нападении // www.structure.mil.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://structure.mil.ru/structure/forces/vks/50letRKO/sprn.htm/> (дата обращения: 3.02.2019).
6. *Федосеев В.И., Колосов М.П.* Оптико-электронные приборы ориентации и навигации космических аппаратов: учеб. пособие. М.: Логос, 2007. 248 с.
7. *Зинченко О.Н.* Малые оптические спутники ДЗЗ // www.racurs.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.racurs.ru/www_download/articles/Micro_Satellites.pdf/ (дата обращения: 4.02.2019).
8. *Дворкин Б.А., Дудкин С.А.* Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли // Интернет-журнал «Геоматика». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://geomatiga.ru/clauses/130/> (дата обращения: 4.02.2019).
9. *Болсуновский М.А.* Перспективы развития мировой группировки и использования данных ДЗЗ // Интернет-журнал «Все о космосе». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aboutsacejournal.net/2018/04/26/перспективы-развития-мировой-группы/> (дата обращения: 4.02.2019).
10. *Балдина Е.А., Грищенко М.Ю., Федоркова Ю.В.* Использование космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне для географических исследований // ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Географический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/materials/heat_img/start.htm/ (дата обращения: 4.02.2019).