

УДК 621.375

**В.И. АНТЮФЕЕВ, В.Н. БЫКОВ, А.М. ГРИЧАНЮК, В.А. КРАЮШКИН,
С.В. ОРЛОВ, С.А. ШИЛО**

Военный научный центр космических исследований (при Харьковском военном университете), Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБТЕКАТЕЛЯ АНТЕННЫ НА КАЧЕСТВО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МИЛЛИМЕТРОВОГО И ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНОВ ВОЛН

В результате эксперимента исследовано влияние нагретого антенного обтекателя на качество функционирования радиометрических информационных систем миллиметрового и инфракрасного диапазонов волн.

шумы радиометра, контраст температур, инфракрасный и миллиметровый диапазон, обтекатель, шумовая температура, источник излучения

1. Формулирование проблемы

Полет летательных аппаратов (ЛА) в плотных слоях атмосферы со сверхзвуковыми скоростями сопровождается тепловым нагревом обтекателей антенн оптических и радиотехнических информационных систем. Нагрев обтекателя в наибольшей степени влияет на работу пассивных радиометрических информационных систем (РМИС) инфракрасного и миллиметрового диапазонов (ИК и ММД) волн вследствие того, что РМ информационные датчики являются высокочувствительными приемниками сигналов малой интенсивности на фоне мощных внешних помех и собственных шумов РМ приемника.

1.1. Анализ литературы

В известной литературе [1 – 7] приведены методики расчета парциальных составляющих дополнительной угловой ошибки пеленга визируемых объектов, вызванной аэродинамическим нагревом обтекателя антенны информационных систем, которая вызывает возрастание суммарной угловой ошибки в 5 – 8 раз. Однако предлагаемые методики расчета справедливы лишь для конкретного типа информа-

ционного датчика и не являются обобщающими для различных классов обтекателей. В настоящее время отсутствуют данные о влиянии нагретого до высоких температур обтекателя на процесс функционирования радиометрических систем ИК и ММД. В связи с этим, целесообразно проведение экспериментальных оценок влияния нагрева обтекателя на качество работы РМИС ИК и ММД.

1.2. Цель работы

Цель работы состоит в экспериментальной оценке вклада в шумовую температуру РМ датчиков ИК и ММД шумовой температуры оптически и/или радиопрозрачного обтекателя антенны, нагретого до требуемых высоких термодинамических температур.

1.3. Методика проведения эксперимента

Оцениваемыми параметрами РМ датчика ММД являются величина контраста радиояркости «холодного» и «горячего» источника излучения, а также величина дисперсии (среднеквадратического отклонения – СКО) шума радиометра.

Оцениваемым параметром РМ датчика ИК диапазона является величина термодинамической тем-

пературы холодных и горячих источников излучения.

Экспериментальные измерения для каждого из диапазонов проведены в три этапа.

1. Измерения величин контрастов и СКО шума, или термодинамических температур без обтекателя.
2. Измерения указанных параметров с холодным обтекателем (при температуре окружающей среды 25 – 30 °С).
3. Измерения указанных параметров с обтекателем, нагретым до требуемых температур.

На последнем этапе обтекатель нагревается до температур 700 – 750 К и измерения осуществляются по мере охлаждения обтекателя с дискретностью ~ 50 К.

1.4. Технические характеристики экспериментальной измерительной установки

Созданная экспериментальная установка содержит:

- информационный датчик ММД;
- информационный датчик ИК диапазона;
- оптический и радиопрозрачный обтекатель – кварцевое стекло;
- муфельную печь с температурой нагрева до 1000 °С;
- горячий источник излучения для РМ датчика ИК диапазона (лампа накаливания);
- источник питания и индикаторный прибор РМ датчика ММД;
- источник питания и индикаторный прибор РМ датчика ИК диапазона;
- ПЭВМ Pentium-100 с аналого-цифровым преобразователем (АЦП);
- регулируемый источник питания для лампы накаливания;
- цифровой термометр с набором термопар.

Для обеспечения равномерного прогрева обтекатель помещался в муфельную печь на 1 час.

Нагретый обтекатель устанавливался на штативе

перед рупорной антенной РМ ММД или перед объективом ИК датчика на расстоянии, исключающем “перелив” энергии излучения через края обтекателя. Для защиты штатива от температуры использовались асбестовые вставки.

Измерения температуры обтекателя производились с помощью термопар типа ХА по ГОСТ 92-0694-79 и милливольтметра М254, класса точности 0,5 по ГОСТ 8711-60. Для тарирования измерительной системы использовался прибор ПП-63, класса точности 0,05 по ГОСТ 9245-59. Термопары проверялись на соответствие ГОСТ 3044-94 в точке 100 °С.

Регистрация оцениваемых параметров в каждом из диапазонов осуществлялась по показаниям стрелочных выходных приборов или с помощью ПЭВМ, оснащенной АЦП. АЦП многоканальный и позволяет одновременно обрабатывать сигналы 8 каналов (датчиков). Количество уровней дискретизации входного сигнала в каждом из каналов равно 1024.

В эксперименте использованы ИК РМ датчики трех поддиапазонов: коротковолнового 2 – 5 мкм, длинноволнового 7 – 14 мкм и интегрального канала 2 – 14 мкм. Тип ИК приемника пироэлектрический РМ РП-01, диапазон измеряемых температур от – 10 до + 200 °С, постоянная времени измерения 1 с.

РМ датчик ММД содержит: рупорную антенну и модуляционный РМ приемник прямого усиления. Флуктуационная чувствительность РМ – 0,02 К/с, постоянная времени интегрирования – 0,1 с, диапазон измеряемых температур от 0 до 500 К, поляризация принимаемого сигнала – линейная вертикальная или горизонтальная.

2. Результаты измерений

На рис. 1 приведены результаты измерений величин РМ контрастов в 8 мм диапазоне для разных температур нагрева обтекателя при ко-

эффиценте ослабления входного сигнала РМ $K_{осл} = -20$ дБ.

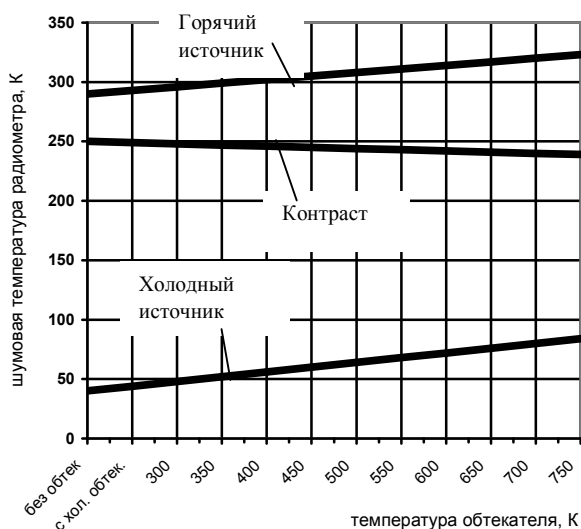


Рис. 1. Зависимость контраста радиоярких температур от температуры нагрева обтекателя ($K_{осл} = -20$ дБ)

На рис. 2 показан характер изменения среднеквадратичного шума РМ для указанных температур нагрева.

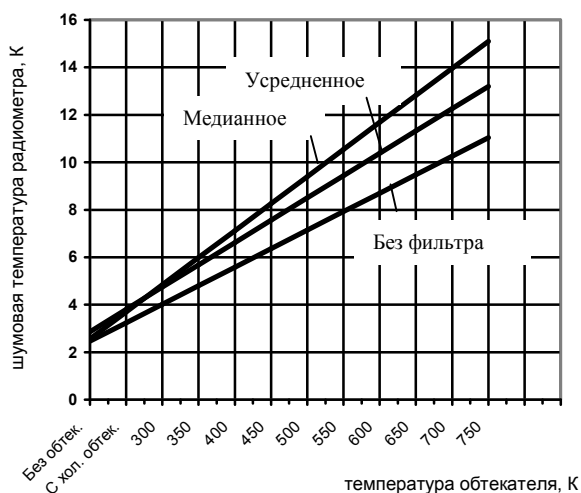


Рис. 2. Зависимость РМ контрастов от температуры нагрева обтекателя $K_{осл} = -30$ дБ

Можно сделать вывод о том, что повышение температуры до граничной в данном эксперименте (700 – 750 К) приводит к незначительному снижению величины контраста радиояркости до

20 К в сравнении с контрастом, который имеет место для ненагретого обтекателя, или без обтекателя. Величина СКО шумов РМ ММД лежит в пределах 15 – 19 К при наименьшей величине коэффициента ослабления сигнала РМ $K_{осл} = -10$ дБ. Отношение сигнал-шум на выходе РМ датчика может быть больше 10. Такие количественные оценки позволяют сделать вывод о высокой надежности функционирования РМИС ММД под нагретым обтекателем.

На рис. 3 представлены результаты измерений термодинамической температуры холодных и горячих источников излучения в ИК диапазоне при размещении информационного датчика под оптически прозрачным обтекателем, нагретым до требуемых температур. Измерения проведены в трех поддиапазонах: коротковолновом, длинноволновом и интегральном, при температуре горячего источника (лампы накаливания) 100 и 200 °С.

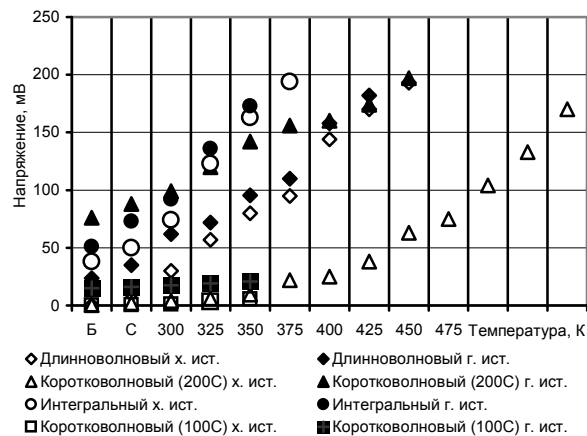


Рис. 3. Влияние нагрева обтекателя на контраст температур РМ ИК диапазона

Зависимость роста измеренной термодинамической температуры от температуры нагрева обтекателя практически линейная. Значения температуры на выходе РМ датчиков ММД и ИК диапазонов пересчитывались из показаний милливольтметра, установленного на выходе интегратора РМ приемника. Разность показаний прибора, соответствующая контрасту температур излучения между холо-

ным и горячим источником (с температурой 100 °С), для всех поддиапазонов находится в пределах 25 – 10 мВ.

Абсолютные величины температур увеличиваются с повышением температуры обтекателя, но не превосходят отметку 200 °С в связи с тем, что наибольшая измеряемая термодинамическая температура для данного типа РМ ИК диапазона 200 °С.

Для коротковолнового диапазона снята зависимость контраста и термодинамических температур холодного и горячего источника при температуре горячего источника 200 °С. Характер зависимости по сравнению с зависимостью при температуре холодного и горячего источника 100 °С остался прежним, но величина контраста увеличилась до значений (86 – 134) мВ. Это связано со спецификой коротковолнового ИК диапазона, который является более чувствительным к увеличению температуры горячих источников излучения.

Результаты, полученные в серии экспериментов (рис. 1 – 3), совпадают с ошибкой не более 10%.

Выводы

Потери энергии сигнала при прохождении через нагретый радиопрозрачный обтекатель (кварцевое стекло) в ММД составляют 1,2 – 1,5 дБ. Нагрев обтекателя до температур 700 – 750 К приводит к увеличению интенсивности излучения как холодного, так и горячего источника излучения. При этом контраст “холодный – горячий” остается практически постоянным и снижается лишь при максимальных температурах нагрева обтекателя не более чем на 10%. Абсолютная величина контраста при этом остается достаточно большой – 240 К. Шумовая компонента РМ датчика ММД имеет равномерное по

диапазону СКО, вклад которой в отношение сигнал-шум не приводит к снижению качества принимаемого сигнала.

Экспериментально подтверждена возможность использования датчиков ИК диапазона в РМИС ЛА, перемещающихся в плотных слоях атмосферы со сверхзвуковой скоростью. ИК датчики данного типа имеют стабильный контраст в диапазоне температур (до 200 °С) нагрева обтекателя.

Литература

1. Михайлов В.Ф. Прогнозирование эксплуатационных характеристик антенн с теплозащитой. – СПб.: Судостроение, 1994. – С. 25 – 31.
2. Воробьев Е.А., Михайлов В.Ф., Харитонов А.А. СВЧ диэлектрики в условиях высоких температур. – М.: Сов. радио, 1977. – С. 23 – 29.
3. Башаринов А.Е., Тучков Л.Т., Поляков В.М., Ананов Н.И. Измерение тепловых и плазменных излучений в СВЧ-диапазоне. – М.: Сов. радио, 1988. – 390 с.
4. Воробьев В.А. Шумы антенного обтекателя, подвергающегося высокотемпературному нагреву // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 1971. – Т. 14, № 7. – С. 839 – 840.
5. Калашников В.С., Михайлов В.Ф. Влияние шумов антенного обтекателя при его аэродинамическом нагреве на работу бортовой аппаратуры // Изв. ВУЗов. Радиоэлектроника. – 1976. – Т. 19, № 5. – С. 3 – 8.
6. Цейтлин Н.М. Антенная техника и радиоастрономия. – М.: Сов. радио, 1976. – 352 с.
7. Замятин В.И., Ключников А.С., Швец В.И. Антенные обтекатели. – М-ск: БГУ, 1980. – 192 с.

Поступила в редакцию 14.05.2004

Рецензент: д-р. техн. наук, доц., А.В. Гайдачук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.