

УДК 621.18.062

## Разработка элементов нагрева стенда для испытаний полноразмерных радиопрозрачных обтекателей с одновременным измерением радиотехнических характеристик

Афанасьев Владимир Николаевич<sup>(\*)</sup>

sigma@vpk.npomash.ru

Лопухов Игорь Иванович

sigma@vpk.npomash.ru

АО «ВПК «НПО машиностроения», Реутов, Московская обл., Россия

**Аннотация.** Рассмотрена проблема влияния нагрева элементов стенда на изменение радиопрозрачности этих элементов. Предложена конструкция экрана-рефлектора для стенда теплорадиотехнических испытаний полноразмерных радиопрозрачных обтекателей, рассмотрены различные варианты терморегулирующих покрытий и способы их нанесения. Приведены результаты экспериментальной отработки терморегулирующего покрытия, дана оценка эффективности различных материалов, применяемых в качестве покрытия, выбран наиболее эффективный способ нанесения покрытия.

**Ключевые слова:** радиопрозрачный обтекатель, радиотехнические характеристики, терморегулирующее покрытие, температура, инфракрасный нагреватель, коэффициент поглощения излучения, коэффициент собственного излучения

**Введение.** Для теплорадиотехнических испытаний полноразмерных РПО с одновременным воспроизведением полетного распределения температур и проверкой его РТХ используются стенды с инфракрасным нагревом [1]. На них РПО с расположенной в нем антенной с боков окружен инфракрасными нагревателями, а принимающее радиотехническое устройство расположено впереди по полету за теплоизолирующим экраном. Экран не только защищает приемник от нагрева, но и одновременно обеспечивает нагрев передней части РПО, так как предотвращает потери тепла от нагревателей. Экран выполняется из термостойкого теплоизоляционного материала. В процессе испытаний сам экран нагревается до температур превышающих температуры нагрева РПО.

В качестве материалов для экрана чаще всего используются высокотемпературные теплоизоляционные материалы на основе окислов алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) и кремния ( $\text{SiO}_2$ ) являющиеся диэлектриками. Радиопрозрачность диэлектриков зависит от температуры. Например, для оксида алюминия тангенс угла диэлектрических потерь ( $\text{tg}\delta$ ) при нагреве до  $1000^\circ\text{C}$  возрастает многократно ( $> 4$ ) [2]. Это значительно изменяет радиопрозрачность экрана и отражается на точности измерения РПХ объекта испытания РПО.

**Материалы и методы; результаты.** Предлагается с целью уменьшения температуры экрана наносить на тепловоспринимающую поверхность экрана специальное терморегулирующее покрытие (ТРП). ТРП должно отражать излучение инфракрасных нагревателей, т. е. иметь минимальный коэффициент

поглощения излучения ( $\alpha$ ). В тоже время оно должно иметь большой коэффициент собственного излучения ( $\epsilon$ ), чтобы сбрасывать поглощенное тепло. В качестве наполнителя использовался сульфид бария ( $\text{BaSO}_4$ ). В качестве связующего использовалось натриевое жидкое стекло. Экран был выполнен из теплоизоляционного материала ТКП-1700 толщиной 50 мм ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  не менее 78 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$   $\text{SiO}_2$  более 99 %) [3]. Были проведены сравнительные тепловые испытания экранов без покрытия и с покрытием. Температура измерялась тепловизором и термопарами типа К. Коэффициенты собственного излучения измерялись терморадиометром. Приведены результаты измерений и рецептуры покрытий.

**Заключение.** Результаты работы показали возможность применения специального терморегулирующего покрытия для уменьшения влияния нагревателей на изменения радиопрозрачности.

### Список источников

- [1] Афанасьев В.Н., Лопухов И.И. Разработка нагревателя для стенда теплорадиотехнических испытаний радиопрозрачных обтекателей. *XI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, с. 480–481.
- [2] Воронин М.Я., Карманов И.Н., Кошелев А.В., Носков М.Ф., Лесных И.В., Миценко И.Д., Ушаков О.К. *Физика нагрева СВЧ-диэлектриков летательных аппаратов и их защита.* Новосибирск, СГГА, 2008, 156 с.
- [3] ТУ 23.20.14.110-004-16298220-2017. Высокотемпературные теплоизоляционные вакуумформованные плиты «ТКП» на основе керамического волокна.