

УДК 621.396.67

С.В. Орлов

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОБТЕКАТЕЛЕЙ АНТЕННЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СВЕРХЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Предлагаются результаты метода расчета нестационарного температурного поля сферического и конического обтекателя антенны перспективного сверхзвукового летательного аппарата, нагревающегося во время движения в плотных слоях атмосферы. Метод отличается от известных возможностью учета сферичности и многослойности конструкции, а также зависимости свойств материала от температуры на протяжении всего времени полета летательного аппарата.

**Ключевые слова:** обтекатель, нестационарное температурное поле, аэродинамический нагрев, траектория полета, сеточная модель

### Введение

**Постановка проблемы.** Нагрев поверхности обтекателей антенн (ОА) летательных аппаратов (ЛА), движущихся со сверхзвуковыми скоростями, происходит в результате преобразования кинетической энергии набегающего потока воздуха в теплоту. Этот процесс обусловлен трением набегающего потока о поверхность ОА и сжатием потока в зонах торможения у лобовых поверхностей.

В результате вблизи поверхности образуется пограничный слой с повышенной по сравнению с окружающим пространством температурой, что вызывает нагрев и соответственно изменение свойств материала стенки ОА.

Это вносит дополнительные угловые ошибки и шумы в работу системы «антенна-обтекатель» навигационной аппаратуры и может привести к невыполнению системой своих функций [1].

Нагрев поверхности в значительной степени определяется характером обтекания набегающим потоком, что зависит от формы ОА. (рис. 1).

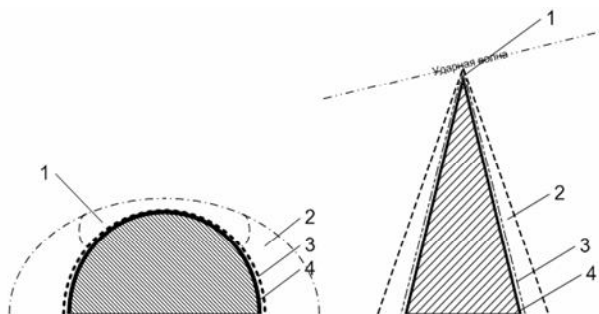


Рис. 1. Схема обтекания сферического и конического ОА:

- 1 – зона дозвукового течения (за прямым скачком уплотнения);
- 2 – зона сверхзвукового течения (между косым скачком уплотнения и поверхностью тела);
- 3 – пограничный слой;
- 4 – стенка обтекателя

При выборе формы обтекателей антенн навигационной системы предпочтительнее сферическая форма обтекателя – такая форма позволяет сделать минимальными угловые ошибки диаграммы направленности антенны, однако с точки зрения аэродинамического обтекания предпочтительнее коническая форма – она обуславливает наименьшее сопротивление воздуха, делает летательные аппараты более устойчивым и увеличивает дальность его полета.

Ввиду отсутствия готового решения выбора формы головной части видится целесообразным провести отдельный расчет обтекателя сферической и конической формы, что позволит выяснить величину нагрева в этих крайних случаях, и соответственно, выяснить в пределах каких величин будет нагрев при множестве других аэродинамических форм головной части и обтекателей.

**Анализ литературы.** Методы расчета сферического и конического приводились в предыдущих статьях автора [2, 3].

**Целью статьи** являются результаты расчетов различных форм и материалов обтекателей антенн с учетом изменения свойств обтекания в течение всего полета летательного аппарата по изложенным в [2, 3] методам.

### Результаты расчета и их сравнение

**Распределение температуры восстановления по поверхности сферического и конического обтекателя.** По изложенному в [2, 3] методу был проведен расчет температур восстановления в фиксированный момент времени в точках на образующей обтекателя сферической и конической формы (рис. 2), который показал, что сферический обтекатель нагревается до меньших температур и более равномерно по образующей, чем конический.

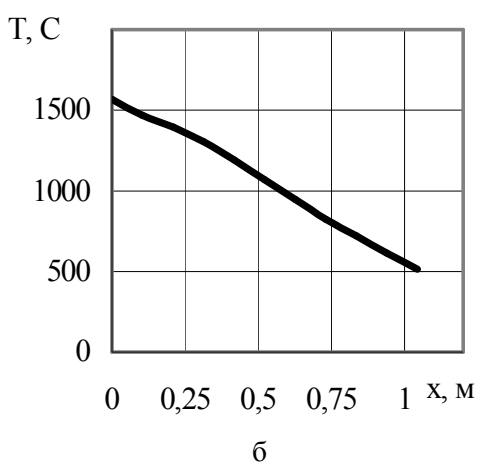
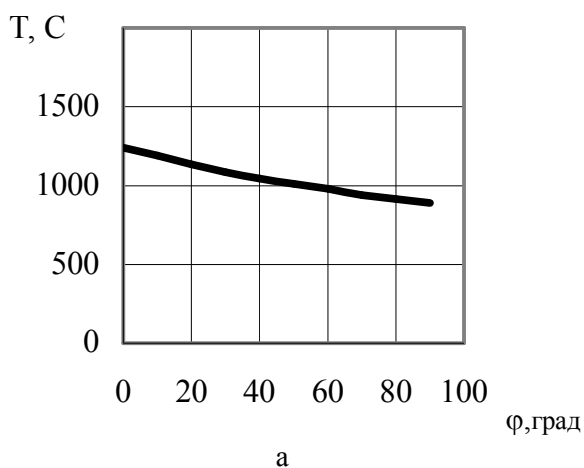


Рис. 2. Разность температуры восстановления по образующей ОА в одинаковые по времени моменты полета ЛА в фиксированный момент времени: а – конического ОА (радиусом 30 см и высотой 1 м); б – сферического ОА (радиусом 0,5 м)

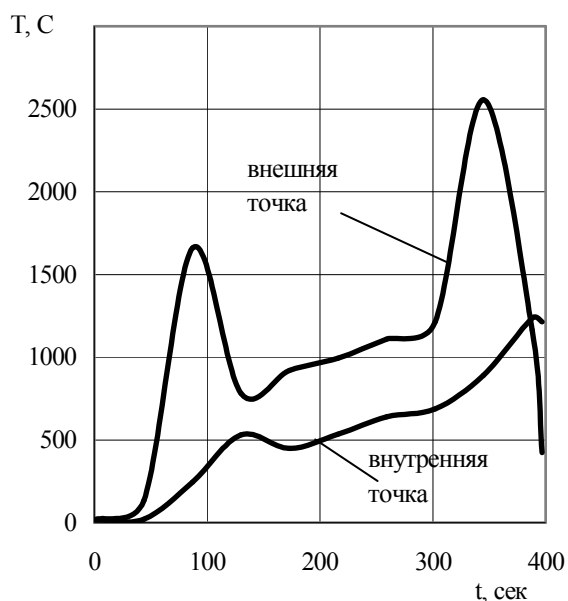


Рис. 3. Изменение температуры конического обтекателя из кварцевого стекла в полете

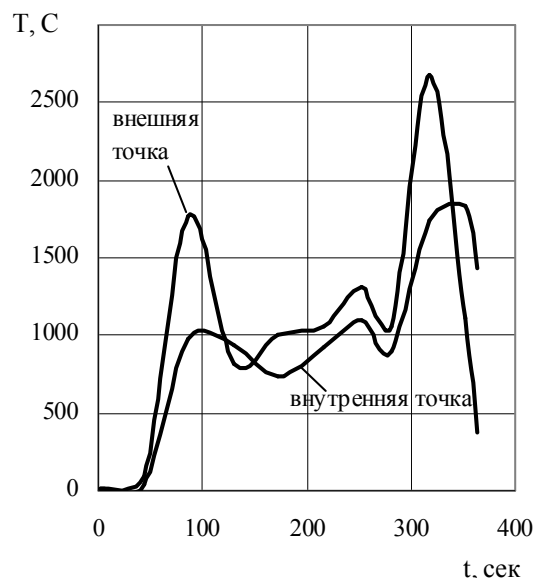


Рис. 4. Изменение температуры конического обтекателя из окиси бериллия в полете

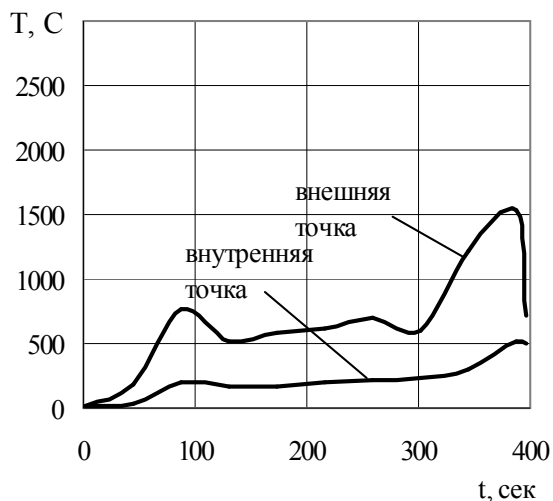


Рис. 5. Изменение температуры сферического обтекателя из кварцевого стекла в полете

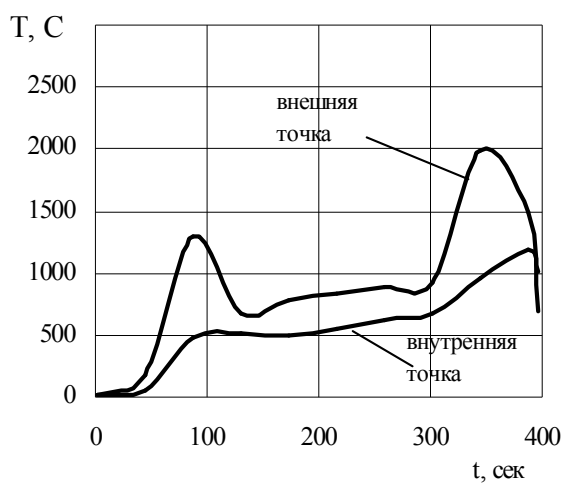


Рис. 6. Изменение температуры сферического обтекателя из окиси бериллия в полете

Расчет нестационарного температурного поля обтекателя, изготовленного из различных радиопрозрачных материалов, в течение всего полета летательного аппарата. Задача расчета нестационарного температурного поля обтекателя антенны в течение всего полета ЛА решалась по вышеизложенным в [2, 3] методам расчета при величине шага по времени – 1 секунда и следующими шагами по координате:

– шаг по толщине стенки обтекателя – 1 мм, для воздуха – 13,3 см;

– угловой шаг по образующей – 9 градусов. По известным характеристикам и траектории полета летательного аппарата получаем следующие зависимости изменения температуры в критической точке для сферического и конического ОА, изготовленных из наиболее известных радиопрозрачных материалов – кварцевого стекла и окиси бериллия (рис. 3 – 6).

Аналогично можно получить значения температур в любой точке на поверхности обтекателя или внутри обтекателя в течение полета летательного аппарата.

### Выводы

1. Температура в точке расположенной на внутренней поверхности обтекателя изменяется не так резко по сравнению с температурой в критической точке, но также достигает больших значений.

2. Обтекатель, изготовленный из бериллия нагревается сильнее, но дает меньшие градиенты температуры по толщине стенки

3. Сферический обтекатель нагревается до меньших температур и более равномерно по образующей, чем конический. Конический обтекатель нагревается в среднем на 20 – 40% сильнее сферического

### Список литературы

1. Прогнозирование эксплуатационных характеристик антенн с теплозащитой / В.Ф. Михайлов и др. – ПСБ: Судостроение, 1994. – С. 25-31.

2. Орлов С.В. Метод расчета нестационарного температурного поля сферического обтекателя антенны перспективных сверхзвуковых летательных аппаратов / С.В. Орлов // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУ ПС, 2008. – Вип. 7 (74). – С. 94-97.

3. Орлов С.В. Метод расчета нестационарного температурного поля конического обтекателя антенны перспективных сверхзвуковых летательных аппаратов / С.В. Орлов // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НУ, 2009. – Вип. 3 (11). – С. 135-138.

Поступила в редколлегию 29.09.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### МЕТОД РОЗРАХУНКУ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СФЕРИЧНОГО ОБТІЧНИКА АНТЕНИ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАДЗВУКОВИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

С.В. Орлов

Пропонуються результати розрахунків нестационарного температурного поля сферичного та конічного обтічників антени перспективного надзвукового літального апарату, що нагрівається під час руху в щільних шарах атмосфери. Метод відрізняється від відомих можливістю обліку сферичності і багатощаровості конструкції, а також залежності властивостей матеріалу від температури протягом всього часу польоту літального апарату.

**Ключові слова:** обтічник, нестационарне температурне поле, аеродинамічний нагрів, траєкторія польоту, сіткова модель.

### METHOD OF CALCULATION OF UNSTATIONARY TEMPERATURE FIELD OF SPHERICAL COWLING OF AERIAL OF PERSPECTIVE SUPERSONIC AIRCRAFTS

S.V. Orlov

The results calculation of the unstationary temperature field spherical and conical cowling aerial of head part perspective supersonic aircraft, heated during motion in the dense layers of atmosphere is offered. A method differs from known possibility of account sphericity and multi-layeredness construction, and also dependences properties of material on a temperature at all time flight of aircraft.

**Keywords:** cowling, unstationary temperature field, aerodynamic heating, difficult heat exchange, grid model.