



Из графика видно, что погрешность преобразования модели датчика тока не превышает 0.05% в большом диапазоне первичных токов. Этот показатель на порядок лучше, чем у датчиков тока, не имеющих устройство коррекции.

### Литература

1. Франтасов Д.Н. Исследование трансформатора тока с коррекцией погрешности / А. М. Косолапов, Д. Н. Франтасов // Датчики и системы. – 2010 - №6. с. 55 – 58.

2. Франтасов Д.Н. Улучшение метрологических характеристик трансформаторов тока с цифровым блоком коррекции погрешности / А. М. Косолапов, Д. Н. Франтасов // Вестник транспорта Поволжья. – 2010 - №3(23). с. 90-93.

С.В. Цаплин, С.А. Болычев

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ОЭТК С СЕГМЕНТИРОВАННЫМ ЗЕРКАЛОМ

(Самарский государственный университет)

Одной из основных задач, стоящих перед отечественной космической промышленностью, является разработка космических средств дистанционного зондирования Земли нового поколения. В настоящее время для успешной конкуренции со странами-лидерами в области ДЗЗ необходимо создание оптико-электронной телескопической системы высокодетального наблюдения для получения панхроматических снимков с разрешением 0.5 м и многоспектральных снимков с разрешением 2 м. Текущее поколение российских ОЭТК было разработано более 15 лет назад и к настоящему времени технически устарело. Сегодня ведущие мировые системы оптико-электронной съемки Земли имеют лучшие характеристики, меньшую массу и энергопотребление.

Эксплуатируемые в настоящее время отечественные ОЭТК имеют оптическую систему со сплошным главным зеркалом диаметром до 1.5 м и систему обеспечения теплового режима с жидкостным теплоносителем. Проблема массы главного зеркала решается применением специальных материалов, например, ситалла, и облегчением зеркала путем фрезеровки отверстий в его задней части.

Для достижения пространственного разрешения 0.5 м необходимо увеличение диаметра главного зеркала ОЭТК до 3 м и более, однако это потребует применения новых подходов к решению проблем массы главного зеркала ОЭТК и обеспечения теплового режима ОЭТК. При таком значительном увеличении габаритов ОЭТК вышеупомянутое облегчение зеркала уже не решает проблему массы главного зеркала, а массогабаритные характеристики и энергопотребление жидкостной СОТР возрастают до неприемлемых значений.

Для решения проблемы обеспечения теплового режима крупногабаритного ОЭТК в [1, 2] предложена прецизионная система обеспечения теплового ре-



жима ОЭТК на основе электронагревателей и тепловых экранов, которая может быть использована как на крупногабаритных КА, так и на малых аппаратах. Отличительными особенностями такой системы является высокая точность поддержания температур оптических элементов, небольшие массогабаритные характеристики и низкое энергопотребление по сравнению с традиционными жидкостными системами. Проблема массы главного зеркала уже решена при создании крупногабаритных наземных телескопов для наблюдения за космосом, в которых используются сегментированные зеркала [3], этот же подход можно применить и к созданию крупногабаритных ОЭТК ДЗЗ.

Разработке и созданию крупногабаритных оптических систем с сегментированными зеркалами посвящено большое количество работ, однако в них преимущественно рассматриваются вопросы оптики, юстировки или прочности, и не уделяется достаточное внимание вопросам теплового режима таких зеркал. А ведь применение сегментированных зеркал позволит еще более повысить эффективность прецизионной СОТР — возможность управлять температурой каждого сегмента независимо от других влечет за собой отказ от тепловых экранов, а значит снижение массогабаритных характеристик и энергопотребления СОТР.

Рассмотрим упрощенную модель ОЭТК с одним оптическим элементом — сегментированным главным зеркалом (рис. 1) (для простоты также опустим поддерживающую конструкцию зеркала, которая в теплообмене оптической поверхности зеркала с окружающей средой играет второстепенную роль). Габаритные характеристики ОЭТК: диаметр входного зрачка 1300 мм, длина 2200 мм, радиус кривизны главного зеркала 2000 мм, размер грани одного сегмента 200 мм, толщина сегмента 2 мм, количество сегментов 36.

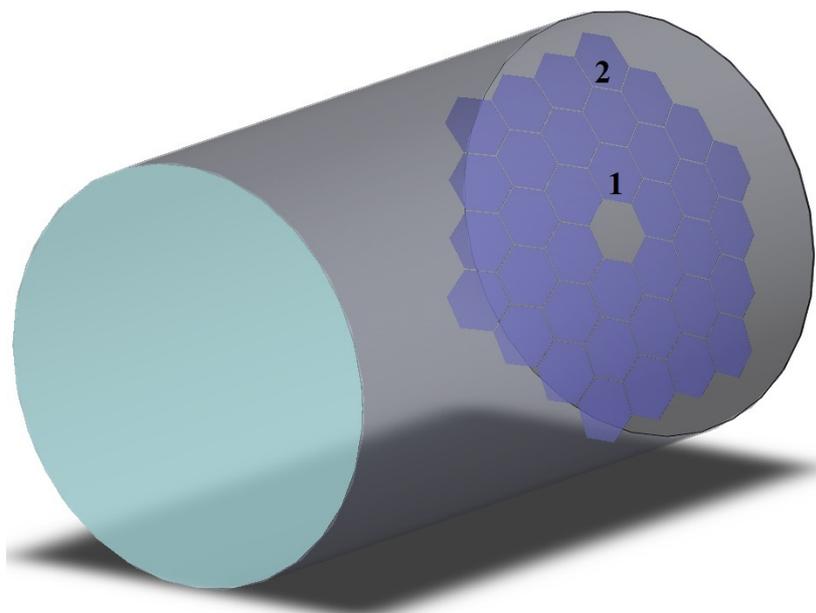


Рис. 1. Модель ОЭТК с сегментированным главным зеркалом (1, 2 – сегменты с нагревателями)



В качестве материала зеркала выберем бериллий, который на 45 процентов легче, в 5 раз жестче алюминия и не уступает ему по теплопроводности, для материала корпуса выберем углепластик.

Прецизионная система обеспечения теплового режима представлена датчиками температуры на оптической поверхности каждого сегмента и пленочными электронагревателями на тыльной поверхности. Для демонстрации возможностей СОТР по независимому управлению температурными полями сегментов главного зеркала предположим, что к СОТР подключены только сегменты 1 и 2 (рис. 1). Расчет температурных полей модели проведем при следующих условиях:

1. температура корпуса ОЭТК постоянна и равна номинальной температуре систем – 293 К;
2. ОЭТК нацелен на открытый космос, время открытия крышки составляет 1 час;
3. при снижении температуры оптической поверхности сегмента главного зеркала более чем на 0.2 К от номинальной, на его тыльной поверхности включается электронагреватель мощностью 0.5 Вт.
4. нагреватель отключается при повышении температуры оптической поверхности сегмента.

Результаты расчета показаны на рис. 2.

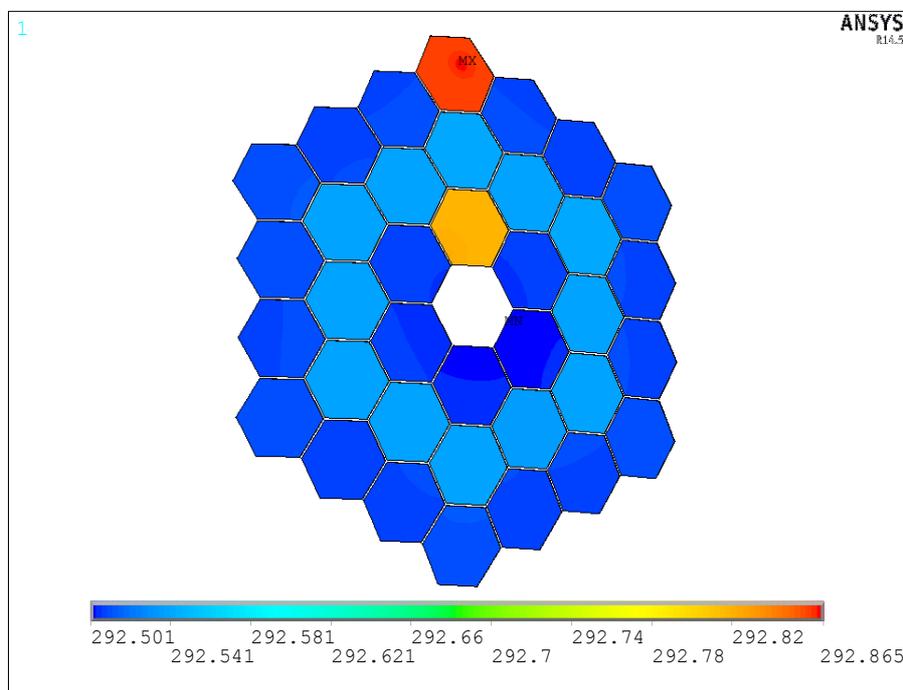


Рис. 2. Температурное поле сегментированного главного зеркала

Из приведенных результатов видно, что на сегментах 1 и 2 поддерживается номинальная температура с точностью 0.2 К, а на остальных сегментах происходит снижение температуры. За расчетное время 1 час оба нагревателя



включались на 5 минут, а значит, средняя мощность СОТР для двух сегментов составила менее 0.1 Вт.

В данной работе на тестовом расчете показаны возможности прецизионной системы обеспечения теплового режима по независимому управлению температурными полями сегментов главного зеркала ОЭТК. В дальнейших работах модель ОЭТК будет дополнена поддерживающей конструкцией сегментированного главного зеркала и будут учтены реальные тепловые факторы воздействия космического пространства на ОЭТК при орбитальном движении космического аппарата.

### Литература

1. Цаплин С.В. Прецизионная система обеспечения теплового режима для перспективных оптико-электронных телескопических комплексов дистанционного зондирования Земли. Отчет о НИР / С.В. Цаплин и др. // Федеральная целевая программа «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. – 2013. № госрегистрации 022-014-533-01, Самара.

2. Цаплин С.В., Система обеспечения теплового режима экспериментальной модели оптико-телескопического комплекса космического аппарата / С.В. Цаплин, С.А. Большев // Вестник Самарского государственного университета. – 2013. №9.2 (110). С.236-243.

3. Теребиж В.Ю. Современные оптические телескопы. М.: Физматлит, 2005.