



Исследования  
и разработки  
Москва 2016

Приоритетное направление:  
**Транспортные и космические системы**

Программное мероприятие:  
**1.3 Проведение прикладных научных исследований и разработок, направленных на создание продукции и технологий**

## Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы»

Соглашение № 14.577.21.0129 от 28.10.2014 на период 2014 - 2016 гг.

Тема: Разработка проектно-конструкторских решений создания космических аппаратов с крупногабаритными трансформируемыми антенными рефлекторами.

Руководитель проекта: д.т.н. Кобец Л.П.

### Получатель субсидии

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

### Индустриальный партнер

- 1) ООО «Ниагара»  
Производство нетканых текстильных материалов и изделий из них, в том числе для ракетно-космической отрасли.
- 2) ООО «ФАМЭНЕРГОСТРОЙ»  
Монтаж инженерного оборудования зданий и сооружений, производство электромонтажных работ.

### Ожидаемые результаты проекта

- 1) Промежуточные и заключительный отчеты о ПНИ.
  - 2) Отчет о патентных исследованиях, оформленный в соответствии с ГОСТ 15.011-96.
  - 3) Экспериментальные образцы составных частей рефлектора.
  - 4) Конструкторская техническая документация на экспериментальные образцы частей рефлектора, входящие в состав силового каркаса.
  - 5) Программа и методики экспериментальных исследований экспериментальных образцов составных частей рефлектора.
  - 6) Результаты совместного численного моделирования температурного, напряженно-деформированного состояния и диаграммы направленности перспективных конструкций крупногабаритных рефлекторов.
  - 7) Результаты математического моделирования движения нежесткого космического аппарата (КА) с крупногабаритным рефлектором на основе нестационарных, нелинейных уравнений механики деформируемого твердого тела с анализом колебаний крупногабаритного рефлектора при действии на КА возмущений различной природы, в том числе в случае повреждения отдельных элементов его конструкции в результате столкновения с метеоритами и/или космическим мусором.
  - 8) Методика комплексного анализа космического аппарата с крупногабаритным трансформируемым рефлектором с длительным сроком активного существования.
  - 9) Проект технического задания на проведение ОКР по теме: «Разработка проектно-конструкторских решений крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов для перспективных систем космической связи»
- Ожидаемые результаты проекта сопоставимы либо превосходят аналогичные разработки мирового уровня.

### Текущие результаты проекта

В результате выполнения прикладных научных исследований и разработок по проекту получены следующие результаты.

В результате проведенных разработок и испытаний технологий изготовления, были изготовлены экспериментальные образцы элементов конструкции крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов космических аппаратов для проведения дальнейших исследовательских испытаний:

Силовых стержневых элементов;

Металлических законцовок;

Сетеполотен радиотехнического назначения;

Масштабно уменьшенной модели рефлектора.

Разработаны Программы и методики исследовательских испытаний элементов конструкции крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов космических аппаратов, а именно:

силовых стержневых элементов;

металлических законцовок;

тросов из полимерных материалов;

металлических сетеполотен радиотехнического назначения;

масштабно уменьшенной модели рефлектора.

По разработанным программам и методикам были проведены исследовательские испытания элементов конструкции крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов космических аппаратов и составлены Акты и протоколы исследовательских испытаний экспериментальных образцов.

По результатам исследовательских испытаний элементов конструкции крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов космических аппаратов был проведен анализ, который показал следующие результаты.

Значения КЛТР силовых стержней, изготовленных из ПКМ, соответствуют требованиям Технического задания и равны вдоль волокон  $\alpha_x$  от  $6,46 \cdot 10^7$  1/°C до  $9,35 \cdot 10^7$  1/°C и поперек направления волокон  $\alpha_y$  от  $9,55 \cdot 10^7$  1/°C до  $31,4 \cdot 10^7$  1/°C. Данные значения были зафиксированы в исследуемом диапазоне температур от -30°C до +60°C.

Значения КЛТР металлических законцовок в среднем составлял  $\bar{\alpha} = 21,3 \cdot 10^7$  1/°C с коэффициентом корреляции  $k_v = 7,9\%$  при перепаде температур от -30°C до +60°C.

Данные значения КЛТР соответствуют требованиям Технического задания.

В качестве тросовых элементов для конструкций крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов космических аппаратов арамидный жгут «Армос» плотности 60 текст ТУ 2272-162-172-77875-2011. Модуль упругости данного троса при перепаде температур от +25°C до +190°C варьировался от 117,5 ГПа до 87,6 ГПа, что соответствует требованиям Технического задания.

В качестве прецизионной отражательной поверхности конструкции крупногабаритного трансформируемого антенного рефлектора было выбрано сетеполотно марки МС-Н-А-20 по ТУ 6365-017-33226280-2012, переплетение «А+А», средняя жесткость которого оказалась наилучшей из четырех испытываемых образцов и была равна

$\bar{G} = 0,86$  Н/мм, что соответствует требованиям Технического задания.

### Цели и задачи проекта

Объектом исследования и разработки являются космические аппараты с крупногабаритными трансформируемыми антенными рефлекторами. Цель работы – отработка технологий изготовления, разработка и апробация методик исследовательских испытаний элементов конструкции крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов и всей конструкции в целом.

Прикладное научное исследование и разработка носят комплексный характер и выполнены как эмпирическими методами, включающими испытания, так и теоретическими методами, включающими расчет – обработку экспериментальных данных и последующий анализ результатов.

### Перспективы практического использования

Создание теоретического и технологического задела по проблеме разработки и изготовления крупногабаритных трансформируемых антенных рефлекторов, диаметром апертуры до 100 метров, обладающих прецизионной отражающей поверхностью, для космических аппаратов (КА) с длительным (не менее 15 лет) сроком активного существования.