

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии по теме **«Разработка активной бортовой системы спуска отработанных ступеней ракет космического назначения с маршевыми жидкостными ракетными двигателями на основе использования энергетических ресурсов, заключённых в невырабатываемых остатках топлива в баках ступеней»** от 28 ноября 2014 г. № 14.577.21.0157 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 1 в период с 28 ноября 2014 г. по 31 декабря 2014 г. выполнялись следующие работы:

1. Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы и других материалов по проблеме снижения техногенного воздействия пусков ракет космического назначения (РКН) с маршевыми жидкостными ракетными двигателями на окружающую среду.

2. Патентные исследования.

3. Обоснование выбора направления исследований.

4. Анализ международных тенденций по активному удалению крупногабаритного космического мусора, включающий анализ российских схем выведения РКН.

5. Подготовительные работы по модернизации экспериментального стенда для исследования процесса газификации в части приобретения оборудования.

Состав выполненных работ удовлетворяет условиям Соглашения о предоставлении субсидии, в том числе Техническому заданию и Плану-графику исполнения обязательств.

#### **На основании проведённых исследований получены следующие основные результаты.**

1) Выполнен анализ доступных литературных источников, освещающих:

- проблему снижения техногенного воздействия пусков РКН с маршевыми жидкостными ракетными двигателями на окружающую среду;

- теоретико-экспериментальные исследования аэродинамического обтекания различных тел при введении газов в пограничный слой;

- теоретико-экспериментальные исследования процессов синтеза теплоносителей на основе твердотопливных газогенерирующих составов.

2) Выполнено обоснование направления исследований по проблематике вопроса, и предложено дальнейшее развитие.

3) Перспективными направлениями дальнейшей работы являются расчетные и экспериментальные исследования особенности течения на поверхности тел, обтекаемых гиперзвуковым потоком, при вдуве газов в пограничный слой с целью выработки эффективных методов формирования управляющих сил и моментов.

4) Постановка задачи по выбору газогенерирующих составов (ГГС) формулируется следующим образом: необходимо найти такие составы для газификации горючего и окислителя, которые обеспечат максимум прироста скорости движения ракеты при удовлетворении следующих условий:

- отсутствие химического взаимодействия продуктов сгорания ГГС с остатками компонентов жидкого топлива в баках;

- экологическая безопасность ГГС и соответствие эксплуатационным требованиям при проведении работ на техническом и стартовом комплексах во время подготовки РКН к пуску.

5) Проведено обоснование выбора направления исследований по системе реализации энергетических ресурсов на основе газового ракетного двигателя для отработки импульса спуска с орбиты для верхних отработанных ступеней, газореактивных сопел стабилизации для управляемого спуска на атмосферном участке полета отработанной ступени.

6) Проведена оценка функционирования автономной газовой ракетной двигательной установки (АГЗРДУ) бортовой системы газификации жидких остатков компонентов ракетного топлива в топливных баках отделившейся ступени ракеты космического назначения.

7) Определены требования к АГЗРДУ для реализации контролируемого спуска

отработавшей ступени ракеты космического назначения.

8) Проведен анализ имеющейся экспериментальной базы по проведению имитационного моделирования процесса газификации модельной жидкости.

9) Проведена оценка предварительных результатов проведённых теоретико-экспериментальных исследований процесса газификации модельной жидкости.

10) Представлены рекомендации по доработке экспериментального стенда на основе экспериментальной модельной установки.

11) Определен состав и технические характеристики для модернизации экспериментального стенда оборудования.

12) Проведен патентный обзор по направлению исследования.

13) На основании анализа международных тенденций по активному удалению крупногабаритного космического мусора выполнены:

- анализ основных факторов техногенного воздействия космических средств выведения на жидких токсичных компонентах ракетного топлива на данном этапе развития науки и техники выявил этап жизненного цикла космических средств выведения, на котором имеет место наибольшее техногенное воздействие на окружающую среду;

- сравнительный анализ методов снижения техногенного воздействия и выбор направления разработок, получены следующие результаты;

- технико-экономический анализ выбранного направления снижения техногенного воздействия;

- анализ парка существующих и перспективных ракетных средств выведения на жидких компонентах ракетного топлива, их основные характеристики, основные факторы воздействия на окружающую среду;

- анализ научно-технической литературы, нормативно-технической документации и других материалов, относящихся к разрабатываемой теме.

Результаты выполненных работ соответствует требованиям Технического задания и нормативной документации.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.