

УДК 629.7.08

Моделирование газодинамики старта ракет космического назначения при помощи лабораторного стенда малого масштаба

Воробьева Анастасия Романовна

vorobevaar@student.bmstu.ru

Зверев Вадим Александрович

zverev_va@bmstu.ru

Очнев Илья Андреевич

ochnevia@student.bmstu.ru

Перегудов Данила Витальевич

peregudovdv@student.bmstu.ru

Языков Андрей Владиславович^(*)

andr_yaz@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено проектирование стенда малого масштаба для моделирования процессов газодинамики старта ракет. Обусловлена необходимость создания компактного и недорогого газодинамического стенда для проведения испытаний перспективных ракет, в том числе и создаваемых частными космическими компаниями. Описаны несколько вариантов для реализации моделирования газодинамики старта перспективной ракеты космического назначения. Представлены предварительные конструктивные схемы для элементов стенда с учетом различных ограничений.

Ключевые слова: газодинамика старта, моделирование, газодинамический стенд, ракета космического назначения, стартовое сооружение

Введение. Создание современных и надежных стартовых комплексов невозможно без экспериментальной отработки газодинамики старта. Испытания проводятся, в том числе для моделирования воздействия газовой струи на объекты стартового сооружения [1]. Тенденции последних лет показывают, что в проектировании ракет космического назначения активное участие принимают в т. ч. и частные компании. В этом случае, проектировщики зачастую оказываются лишены возможности проводить испытания на существующих лабораторных установках ввиду нескольких причин, таких как административная сложность взаимодействия с государственными компаниями и дороговизна испытаний. Опыт зарубежных частных космических компаний подсказывает, что зачастую испытания в таком случае отдаются на субподряд, в том числе и университетам. Эти обстоятельства обуславливают необходимость в создании компактных и недорогих стендов малого масштаба. Цель исследования: поиск проектных решений для реализации данного предложения.

Материалы и методы; результаты. Для газодинамических расчетов используется описание течения сжимаемого газа системой уравнений Навье — Стокса с явной дискретизацией методом конечных объемов, на основе многошаговых методах Рунге — Кутты, математическая модель, описанная в [2].

Рассмотрены различные варианты реализации моделирования сверхзвукового течения для газодинамического стенда малого масштаба ($M < 1:50$). Предложено несколько вариантов для моделирования газодинамики старта перспективной ракеты.

Представлены предварительные схемно-конструктивные решения для различных элементов схемы стенда.

Заключение. Выполненные предварительные расчеты, а также проектные и технические решения позволили оценить возможность реализации газодинамических испытаний на стендах с малым масштабом и предложить варианты исполнения лабораторного газодинамического стенда для исследования различных процессов, происходящих при старте ракет космического назначения.

Список источников

- [1] Бирюков Г.П., Бут А.Б., Хотулев В.А., Фадеев А.С. *Газодинамика стартовых комплексов*. Москва, РЕСТАРТ, 2012, 14 с.
- [2] Дерюгин Ю.Н., Жучков Р.Н., Зеленский Д.К. и др. Результаты валидации многофункционального пакета программ ЛОГОС при решении задач аэрогазодинамики старта и полета ракет-носителей. *Математическое моделирование*, 2014, т. 26, № 9, с. 83–95.