МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ И ВНУТРЕННИХ ТЕЧЕНИЙ РАЗРЕЖЕННОГО ГАЗА В ВОЗДУХОЗАБОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ СВЕРХНИЗКИХ ОРБИТ ЗЕМЛИ

А.Н. Якунчиков

Механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.
email: art-ya@mail.ru

Доклад посвящен результатам участия команды «Воздух» (МГУ им. М.В.Ломоносова) в первом этапе Технологического конкурса «Сверхнизкие орбиты», проводимого в целях реализации Национальной технологической инициативы и направленного на разработку облика малого космического аппарата (МКА), способного длительное время находиться на сверхнизких (менее 280 км) орбитах Земли. Командой, в состав которой вошли сотрудники факультета космических исследований, механико-математического и физического факультетов, был разработан прототип МКА, использующий ряд новых оригинальных технических решений, в числе которых:

- Гибридный ВЧ ионный двигатель, способный работать как на запасенном инертном газе, так и смеси инертного газа с забортным воздухом;
- Нестандартный плоский форм-фактор с аэродинамическим затенением боковых поверхностей;
- Воздухозаборное устройство с активной частью.

Внешний облик аппарата, геометрия и параметры активного воздухозаборного устройства выбирались на основе результатов моделирования течения разреженного газа вокруг аппарата и в его внутреннем тракте методом событийного молекулярно-динамического моделирования (EDMD). Необходимость моделирования активного воздухозаборного устройства потребовала обобщения реализации метода EDMD на важный класс прикладных задач – моделирование течений разреженного газа в областях с большим количеством быстровращающихся твердых поверхностей. Вращение твердых границ расчетной области принципиально усложняет вычисление точек столкновения молекул с такими поверхностями. Предложен вариант алгоритма нахождения времени столкновения частицы с вращающимся элементом поверхности, который полностью исключает потерю корня и пролет частицы через поверхность. Разработанная методика позволила проводить детальное моделирование трехмерных нестационарных течений в активных воздухозаборных устройствах и турбомолекулярных вакуумных насосах (ТМН).

Основная сложность при проектировании внешней геометрии аппарата связана с необходимостью сочетания большого количества солнечных батарей (энергопотребление аппарата около 700 Вт) и существенных ограничений на суммарное аэродинамическое сопротивление. Решая эту задачу, авторы пришли к варианту с необычной сплющенной формой (1:12) фронтального сечения и размещением основной части солнечных батарей на аэродинамически затененных боковых поверхностях.