

Были исследованы составы трех битумов, содержащих полимерную добавку, а также десяти образцов кернов асфальта, полученных на основе этих битумов.

Разработанная методика позволяет определять концентрацию полимерной добавки в пределах от 2 до 7%. По результатам анализа кернов было показано, что содержание в них полимерной добавки соответствует заявленным нормативным показателям, однако распределение полимера в керне не является однородным. Наименьшее содержание полимерной добавки наблюдается в нижней части керна, так как перед укладкой асфальта щебень покрывают битумом, не содержащим этой полимерной добавки. Наибольшее содержание полимерной добавки наблюдается на верхней части керна, что требует проведения дополнительных исследований.

Показано, что данная методика дает более правильные результаты, чем использование метода добавок, однако является более трудоемкой.

УДК 629.78

СОТОВАЯ ТВЕРДОТОПЛИВНАЯ ДВИГАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ НАНОСПУТНИКАМИ

А. Д. Складчиков¹

Научный руководитель: С. П. Симаков, аспирант межвузовской кафедры космических исследований

Ключевые слова: ракетный двигатель твердого топлива, CubeSat, микродвигатель

В настоящее время широкое распространение получила разработка космических аппаратов нанокласса (наноспутников), осуществляемая ведущими аэрокосмическими университетами и инновационными компаниями. Благодаря использованию коммерческих комплектующих и негерметизированных конструктивных решений, наноспутник требует небольшой бюджет, в то же самое время может решать широкий спектр фундаментальных и прикладных задач. При этом, в ряде миссий от наноспутника требуется оперативно изменять свое положение на орбите.

Целью работы является разработка твердотопливной двигательной установки, имеющей сотовую конструкцию для обеспечения многократного запуска.

В состав двигательной установки входят: микродвигатели, пластина, на которую крепятся рядами микродвигатели, а также электронная плата,

¹ Артур Дмитриевич Складчиков, ученик Молодежной аэрокосмической школы, email: artur-skl@yandex.ru

осуществляющая управление микродвигателями. К каждому микродвигателю подведен электровоспламенитель.

Микродвигатель представляет собой цилиндр, имеющий диаметр 7 мм и высоту 2,3 мм. Цилиндр заполнен твердым топливом, в состав которого входит перхлорат калия, гексацианоферрат(III) калия, хлоропреновый каучук.

Микродвигатели закреплены на металлической пластине рядками. За металлической пластиной расположена электронная плата, распределяющая электрический импульс.

Получившаяся система образует двустороннюю панель.

Двигательную установку образуют четыре двухсторонние боковые панели и одна односторонняя центральная. Габариты боковой панели 80x100x10 мм. На одной боковой панели расположено 308 микродвигателей. Габариты центральной панели 80x80x10 мм. На центральной панели 121 микродвигатель.

Двигательная установка является самостоятельной системой в наноспутнике стандарта CubeSat. Четыре боковые панели и одна центральная в закрытом положении образуют пять граней куба. Шестой гранью является устройство раскрытия панелей. Центральная панель прикреплена к металлической пластине с помощью стержня.

После выхода наноспутника из пускового контейнера, панели, под действием пружин, разворачиваются и закрепляются в плоскости, перпендикулярной строительной оси наноспутника.

Алгоритм работы двигательной установки заключается в следующем. На каждой панели за один цикл будет зажигаться четыре микродвигателя, симметрично расположенных по краям. Микродвигатели будут зажигаться на всех пяти панелях одновременно. Эта система позволит, увеличивая или уменьшая количество двигателей, используемых за один цикл, получить необходимый в конкретном случае импульс. Например, для увода наноспутника с орбиты можно запустить все оставшиеся микродвигатели на задней стороне панелей.

Проведем далее проектный анализ двигательной установки. Масса двигателя составляет 2500 г. Масса одного микродвигателя составляет 1,8 г. Удельный импульс равен 2650 м/с. Исходя из этого, по формуле Циолковского рассчитываем характеристическую скорость для каждой стороны панелей, и для одного цикла. Передняя сторона панелей: $\Delta V=749,6$ м/с. Задняя сторона панелей: $\Delta V=925,5$ м/с. Один цикл: $\Delta V=21,2$ м/с.

В результате исследования была предложена конструкция твердотопливной двигательной установки для наноспутников, проведен анализ ее характеристик. В дальнейшем планируется модернизация конструкции с целью уменьшения ее веса, а также увеличения тяги двигателей.