

УДК 629.783

## АЛГОРИТМ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ДВУХ НС В ПЛОСКОМ СЛУЧАЕ ДВИЖЕНИЯ

Горяинов И. А.<sup>1</sup>, Богатырев А. М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Школа № 63 с углубленным изучением отдельных предметов имени Мельникова

<sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара

В настоящее время множество инновационных компаний и университетов активно занимаются разработкой и созданием малых космических аппаратов и наноспутников (НС) стандарта CubeSat. Так, в 2017 году анонсирован запуск более 600 НС. НС популярны за счёт унифицированной модульной сборки, небольших размеров и малых финансовых затрат. Из-за своих размеров НС могут крепиться на внешней стороне основной полезной нагрузки или на средствах выведения, а это значительно уменьшает стоимость запуска НС.

Запуск нескольких НС, совместно выполняющих целевую задачу, значительно расширяет область их применения. Многие космические компании заинтересованы в запуске распределенного космического аппарата. Так 14 февраля 2017 года космическая компания PlanetLabs запустила на орбиту 88 НС дистанционного зондирования Земли. Также известны компании, которые собираются полностью покрыть нашу планету сетью Интернет.

В большинстве задач группового полёта необходимо обеспечение заданной полетной конфигурации группы НС, что предъявляет повышенные требования к точному определению не только относительного положения, но и относительной взаимной угловой ориентации НС.

Существует ряд критериев, необходимых для создания подобного рода группировок НС, а именно обеспечение межспутниковой связи, что позволяет упростить решение задачи относительной навигации НС и обеспечивает увеличение количества сеансов связи между Землей и группировкой НС, а также наличие активной системы управления, необходимой для поддержания заданной конфигурации группировки НС в процессе движения по околоземной орбите [1].

В данной работе рассматривается автономный способ определения углов взаимной ориентации по измерениям дальностей между фазовыми центрами антенн, расположенных на обоих НС, движущихся в одной плоскости и излучающих сигнал на одинаковых частотах. По измеренным дальностям алгоритм относительной ориентации находит взаимное угловое положение двух НС.

Каждый НС должен иметь многоантенную систему на поверхности НС, фазовые центры которой расположены по главным осям связанной системы координат НС (рис.1). А также приемопередающие устройства, способные измерять задержку ответа на запрос друг друга. По измерениям временной задержки рассчитывается расстояние между фазовыми центрами антенн.

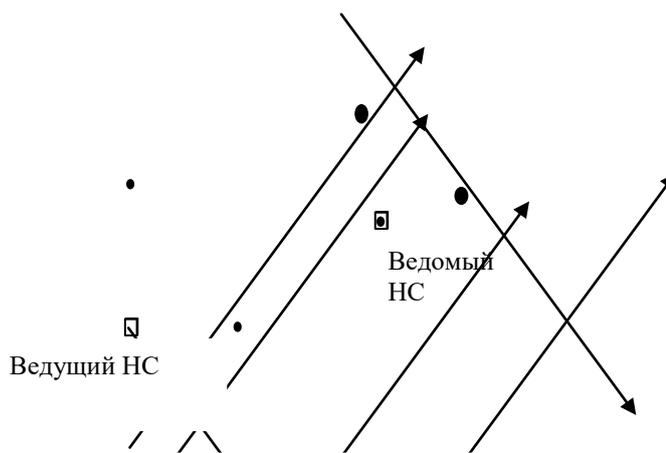


Рис. 1. Расположение контрольных точек при стабилизированном полёте ведущего НС в плоском случае движения

При использовании дальномерного метода определение местоположения объекта строится на измерении дальностей до опорных точек (фазовых центров антенн) с заранее известными координатами. Для определения местоположения объекта в плоском случае движения таких опорных точек должно быть не менее двух.

Алгоритм определения относительной ориентации двух НС состоит из нескольких этапов. На первом этапе определяется расстояние между фазовыми центрами антенн двух НС. Для этого приемопередающее устройство ведомого НС формирует запрос на измерение дальности и производит измерение задержки ответа аналогичного устройства на ведущем НС. Благодаря измеренной временной задержке, рассчитывается расстояние между фазовыми центрами антенн двух НС. Далее определяются параметры относительного движения центра масс ведомого НС относительно ведущего НС. После этого происходит определение угла относительной ориентации ведомого НС по отношению к ведущему НС в плоском случае движения.

Таким образом, получено аналитическое решение для определения угла относительной ориентации двух НС в групповом полете для плоского случая движения. Определены требования по точности измерения дальности между НС.

#### Библиографический список

1. Богатырев, А. М. Алгоритм относительной ориентации близколетящих наноспутников при групповом полёте на основе дальномерного радионавигационного метода [Статья] // Богатырев А. М., Шилов К. Е. – Сборник трудов XXIV Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам, Санкт-Петербург, 2017 г.
2. Иванов, Д. С. Определение относительного движения спутников при их разделении по результатам обработки видеоизображения [Текст] // Иванов Д. С., Карпенко С. О., Овчинников М. Ю., Сакович М. А. - Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша 2012 №57 24 с.
3. Барабанов, О.О., Барабанова, Л. П., Математические задачи дальномерной навигации. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. -С.123.

4. Belokonov, I.V., Kramlikh, A.V., Soboda, S.A., Problems of navigation support of research experiments in space on an example of mission of spacecraft "FOTON - M2", 14th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2007 – Proceedings, 2007, Pages 342-343