

СИСТЕМА ПЕЛЕНГА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА НА МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

Космический мусор – выработавшие свой ресурс, однако оставшиеся на орбите спутники, верхние ступени и разгонные блоки ракет-носителей, сброшенные топливные баки, фрагменты разрушенных объектов, а также пружины, болты, гайки, заглушки и т. п.

Весь космический мусор располагается поясами. Пояс находится на высоте 600-1500 км от поверхности Земли. Именно на этих высотах находится большое количество отработанных метеорологических, военных, научно-исследовательских спутников и зондов. Второй пояс располагается на геостационарных орбитах свыше 30000 км.

Вследствие того, что вывод на рабочие орбиты малых космических аппаратов (МКА) для научных целей способствует исследованию, изучению и проведению летных испытаний, то каждый такой аппарат может быть оснащён системой пеленга (обнаружения) космического мусора, как дополнительным оборудованием.

Данное оборудование может представлять собой N радиолокаторов с синтезированной апертурой антенны (РСА), размещённых на спутнике и имеющих достаточно высокую частоту зондирования космического пространства. Характеристики направленностей антенн данных локаторов должны перекрываться таким образом, чтобы обеспечить моноимпульсное измерение направления на космический объект.

Пусть длина истинного раскрытия антенны одного локатора вдоль линии пути спутника равна d . С учётом работы одной из антенн на передачу и приём, характеристике направленности, формируемой истинной апертурой с одноканальным выходом в направлении неподвижного объекта, можно приписать эквивалентную ширину в радианах

$$\Delta\alpha \approx \lambda_0 / d \sqrt{2} |\sin \alpha_0|, \quad (1)$$

где λ_0 – длина волны излучённого сигнала; α_0 – угол между направлением движения спутника и направлением на космический объект, находящийся от спутника на расстоянии d .

В результате, каждой антенной от космического объекта будет принята пачка отражённых радиопульсов. Максимальная её длительность T_{\max} при несledящем приёме с учётом (1) определится как

$$T_{\text{max}} = D \left| \operatorname{ctg} \left(\alpha_0 - \frac{\Delta \alpha}{2} \right) - \operatorname{ctg} \left(\alpha_0 + \frac{\Delta \alpha}{2} \right) \right| / v \approx (D \operatorname{cosec}^2 \alpha_0) \Delta \alpha / v \approx D \lambda_0 / \sqrt{2} v d |\sin \alpha_0|^3. \quad (2)$$

где D – дальность космического объекта до линии пути спутника, v – радиальная скорость.

За время наблюдения t радиальное расстояние до космического объекта изменяется по закону, определяемому первыми тремя членами ряда Тейлора:

$$D = \sqrt{D_0^2 + (D_0 \operatorname{ctg} \alpha_0 - vt)^2} \approx D_0 \operatorname{cosec} \alpha_0 - vt \cos \alpha_0 + (v^2 t^2 \sin^3 \alpha_0) / 2 D_0.$$

где D_0 – минимальное расстояние между спутником и космическим объектом.

Отсюда находится относительная радиальная скорость $v_r = dD/dt$ и доплеровская частота элемента неподвижного космического объекта

$$F_D = \frac{2v_r}{\lambda} \approx -\frac{2v}{\lambda} \cos \alpha_0 + \left(\frac{2v^2}{D_0 \lambda} \sin^3 \alpha_0 \right) t.$$

Изменение частоты F_D по линейному закону за время наблюдения $T \leq T_{\text{max}}$ соответствует квадратичному изменению фазы и приводит к частотной модуляции принимаемого сигнала с девиацией частоты

$$\Delta f = 2v^2 T |\sin \alpha_0|^3 / D_0 \lambda \quad (3)$$

Для воспроизведения спектра доплеровских частот, частота следования импульсов F_D должна превышать частотную девиацию Δf .

Таким образом, для обнаружения космического мусора и измерения до него дальности необходимо, чтобы каждый из локаторов спутника работал в режиме синтезированной апертуры антенны.

Таким образом, создание системы радиолокационных обнаружителей космических объектов позволит контролировать близлежащее к Земле космическое пространство и вносить коррекции в полёты космических аппаратов. Незначительные энергозатраты показывают, что при необходимости есть возможность установить данные локаторы даже на МКА.