

# Прогнозирование пространственного распределения космического мусора на основе эволюционных уравнений

А.И. Назаренко.

Scientific Technological Center “KOSMONIT”. 84/32 Profsoyuznaya ul, Moscow 117810, Russia

## Abstract

Разработана численно-аналитическая методика долгосрочного прогнозирования пространственного распределения космического мусора, основанная на составлении и решении новых эволюционных уравнений. Эти уравнения представлены в двух формах – разностной и дифференциальной. В последнем случае задача сводится к интегрированию системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений. Показана высокая эффективность предложенной методики по сравнению с традиционным подходом.

## 1. Основные положения

При прогнозировании техногенного загрязнения [1,...,8] в области низких орбит (LEO) принимается, что на эволюцию пространственно-временного распределения космического мусора основное влияние оказывают два фактора: прирост количества новых объектов в результате запусков, технологических операций, взрывов, аварий и т.п., а также торможение в атмосфере, в результате влияния которого происходит уменьшение высоты перигея КО и их сгорание в верхних слоях атмосферы.

Для решения рассматриваемой задачи применяются два подхода. Традиционный (детерминированный) подход широко применяется специалистами. For example, in modern NASA model “EVOLVE” after-effects of all known launching and destruction of satellites and possible future analogous events as well are imitated. For each object (or a group) a vector of initial conditions is formed. Forecasting is performed using the traditional motion models. To estimate the collision danger of a pair of satellites the methods of D. Kessler are used. The results are summarized for a great number of objects.

Отличие моделирования на будущем временном интервале - в том, что все случаи фрагментации формируются по методу Монте-Карло. При этом делается несколько реализаций прогноза. Obviously, this approach is very labor-consuming: it can be realized only by using powerful enough computers. Однако даже на современных больших ЭВМ традиционный подход не позволяет корректно прогнозировать распределение мелких фрагментов космического мусора. О трудоемкости решения рассматриваемой задачи свидетельствует приведенная ниже выдержка из доклада [8]:

As one of the more time consuming operations of our model deals with the orbital propagation of the sixth orbital elements for each objects of the population, the code of MEDEE has been designed to take advantage of massively parallel, computer system available at CNES. This means that the orbital propagation module has been parallelized, in order to propagate the population at each time-step over all available cores.

The computer system in which MEDEE is executed is formed by 360 cores summing a total RAM of 24 Go and an overall computing power of 4 Tflops/second.