

Методика выбора проектных параметров системы увода малых космических аппаратов с орбиты

© А.В. Крестина, И.С. Ткаченко

Самарский университет, Самара, 443086, Россия

Показаны наиболее перспективные способы увода малых космических аппаратов с орбиты: аэродинамические системы, электродинамические тросовые системы и системы на базе двигательных установок (жидкостной, твердотопливной и электрореактивной). Выбраны проектные параметры разных вариантов построения системы увода малых космических аппаратов с орбит с учетом ограничений и оценена эффективность этих вариантов. Разработана методика выбора проектных параметров системы увода малых космических аппаратов с орбиты, основу которой составляет оценка эффективности вариантов построения системы увода по нескольким показателям с учетом накладываемых ограничений. Приведены примеры реализации разработанной методики выбора проектных параметров для малых космических аппаратов «Аист» и «Аист-2Д». Рассмотрены состав и схема работы выбранного в результате оценки эффективности варианта построения системы увода спутника «Аист» с орбиты, также раскрыты принципы работы основных компонентов системы. Благодаря использованию предлагаемой системы опытный образец малого космического аппарата «Аист» может быть уведен с орбиты за 96 сут при сроке баллистического существования без использования предлагаемой системы 26 лет, малый космический аппарат «Аист-2Д» — за одни сутки при сроке баллистического существования без предлагаемой системы 11 лет.

Ключевые слова: малый космический аппарат, космический мусор, система увода с орбиты, двигательная установка, аэродинамическая система, электродинамическая тросовая система, оценка эффективности

Проблема образования космического мусора достигает критического уровня вследствие лавинообразного роста выводимых на низкие околоземные орбиты малых космических аппаратов (МКА). В 2001 г. Межагентским координационным комитетом по космическому мусору (Inter-agency Space Debris Coordination Committee) были определены две наиболее важные области околоземного пространства, где время существования космических аппаратов (КА) не должно превышать 25 лет: низкие околоземные орбиты с высотой до 2000 км и геостационарные орбиты [1]. Однако планируемое в течение ближайших 5–7 лет развертывание многоспутниковых группировок (проекты компаний OneWeb, SpaceX, LeoSat и др.) выходит за пределы ожидаемого количества КА на орбите Земли. В соответствии с изложенными в [2] требованиями разработаны и частично реализованы мероприятия по сведению к минимуму разрушений после выполнения программы полета (пассивация, которая «требуется удале-

ния всех форм запасенной энергии, включая остатки топлива и жидкости под большим давлением, и разрядки аккумуляторов» [2]) и по ограничению длительного существования КА и орбитальных ступеней ракет-носителей в районе низкой околоземной орбиты после завершения их программы полета (включение в состав запускаемых космических аппаратов активных и пассивных систем, осуществляющих увод с орбиты по окончании срока их активного существования путем торможения и входа в плотные слои атмосферы либо путем разгона и перевода на высокие орбиты захоронения).

В 2013 г. Самарским университетом были запущены летный (RS-43as) и опытный (RS-41at) образцы МКА серии «Аист», проектный срок активного существования которых составлял три года [3]. Образцы МКА «Аист» продолжают успешно выполнять свою целевую функцию на орбите. Согласно результатам аналитических расчетов и моделирования с помощью программного обеспечения General Mission Analysis Tool [4], а также срокам баллистического существования летный образец МКА «Аист» RS-43as войдет в плотные слои атмосферы через 25 лет (рис. 1, а), опытный образец МКА «Аист» RS-41at — через 50 лет (рис. 1, б); срок баллистического существования МКА «Аист-2Д», запущенного в апреле 2016 г., составляет 9 лет (рис. 1, в).

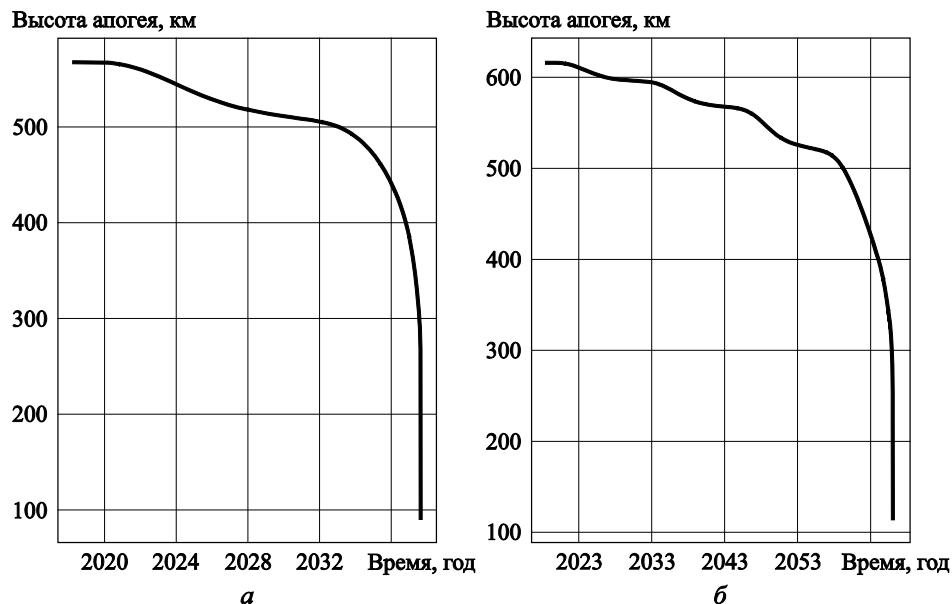


Рис. 1 (начало). Результаты имитационного моделирования сроков баллистического существования аппаратов серии «Аист»:

а — МКА «Аист» RS-43as; б — МКА «Аист» RS-41at



Рис. 1 (окончание). Результаты имитационного моделирования сроков баллистического существования аппаратов серии «Аист»: σ — МКА «Аист-2Д»

Полученные значения позволяют предположить, что аппараты завершат свою работу гораздо раньше схода с орбиты, поэтому необходимо принудительно увести МКА по окончании их активного функционирования.

Цель настоящей работы — разработка методики выбора проектных параметров системы увода МКА с орбиты, которая позволит снизить срок баллистического существования аппарата после прекращения его функционирования и предотвратить образование нового космического мусора.

Существующие средства увода с орбиты малых космических аппаратов. Различные способы увода спутников по истечении срока активного существования изучают довольно давно. Анализ таких методов представлен в [5, 6].

В табл. 1 представлены известные способы увода МКА с орбиты, приведены их преимущества и недостатки. Системы увода подразделяют:

- на пассивные (тросовые и парусные);
- активные (включают двигательную установку).