УДК 629.78 https://doi.org/10.15407/itm2019.03.054

А. И. МАСЛОВА

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПЛОТНОСТИ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ОРБИТАЛЬНОГО ПОЛЕТА

Институт технической механики
Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины,
ул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Днепр, Украина; e-mail: I_anjyta@bigmir.net

Повышение качества систем дистанционного зондирования Земли во многом связано с развитием алгоритмов управления движением космических аппаратов (КА). Среди новых задач управления ставится задача поддержания заданных параметров орбиты на длительном интервале времени. Для этого предлагается постоянно (непрерывно или дискретно) компенсировать возмущающие воздействия на КА. Возможности современных электрореактивных двигателей позволяют компенсировать значительные аэродинамические воздействия на КА. Это, в свою очередь, открывает возможность снижения диапазона рабочих орбит, используемых КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), до нетрадиционно низких (очень низких или сверхнизких) орбит высотой порядка 300 км. Использование таких сверхнизких орбит для КА ДЗЗ имеет ряд преимуществ.

На низких околоземных орбитах одно из основных возмущающих воздействий оказывает сопротивление атмосферы Земли. Оценка этого воздействия необходима на этапе предварительного проектирования систем энергообеспечения КА при разработке требований к двигательным установкам, компенсирующим возмущающее воздействие. Целью данной статьи является построение оценок возможных значений плотности, позволяющих быстро провести предпроектные расчеты аэродинамического воздействия на КА для заданных условий орбитального полета. Оценки построены на основании стандарта ГОСТ Р 25645.166 – 2004 «Атмосфера Земли верхняя. Модель плотности для баллистического обеспечения полетов искусственных спутников Земли» с учетом их зависимости от высоты и фиксированного уровня солнечной активности. Рассмотрено влияние на плотность атмосферы таких факторов, как суточный эффект распределения плотности, полугодовой эффект, влияние изменения солнечной и геомагнитной активности. Проведены оценки коэффициентов, описывающих влияние этих факторов, на высотах (300–700) км и определены условия, при которых они принимают экстремальные (максимальные/минимальные) значения. Определены условия, при которых будут наблюдаться экстремальные значения плотности. В качестве примера показано, что на высоте 300 км теоретически плотность может меняться более чем на 2 порядка (от 1,07e-12 кг/м^3 до 1,22e-10 кг/м^3). Использование результатов, представленных в статье, позволяет быстро оценить диапазон возможных значений аэродинамического воздействия на КА.

Ключевые слова: *статистический критерий, эллипсоид рассеяния, метод главных компонент, твердотопливный двигатель, ковариационная матрица.*

1. *Михайловский К. В., Городецкий М. А.* Разработка методики определения и коррекции параметров рабочей орбиты космического аппарата дистанционного зондирования Земли. Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2017. Т. 18, №. 3. С. 361–372. https://doi.org/10.22363/2312-8143-2017-18-3-361-372
2. *Салмин В. В., Волоцуев В. В., Шиханов С. В.* Поддержание заданных орбитальных параметров космического аппарата с помощью двигателей малой тяги. Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2013. № 4 (42). С. 248–254. https://doi.org/10.18287/1998-6629-2013-0-4(42)-248-254
3. *Ходненко В. П., Хромов А. В.* Выбор проектных параметров системы коррекции орбиты космического аппарата дистанционного зондирования Земли. Вопросы электромеханики. Труды НПП ВНИИЭМ. 2011. Т. 121. № 2. С. 15–22.
4. *Лицзе В., Баранов А. А.* Оптимальное удержание космического аппарата с двигателями малой тяги на солнечно-синхронной орбите. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2015. № 2. С. 68–82.
5. *Garulli A., Giannitrapani A., Leomanni M., Scortecci F.* Autonomous Low Earth Orbit Station-Keeping with Electric Propulsion. Journal of Guidance Control and Dynamics. 2011. Vol. 34, No. 6. P. 1683–1693. https://doi.org/10.2514/1.52985
6. *De Florio S., D'Amico S.* Optimal Autonomous Orbit Control of a Remote Sensing Spacecraft. Advances in the Astronautical Sciences Series. 2009. Vol. 134. P. 949–968.
7. ГОСТ Р 25645.166 – 2004 Атмосфера Земли верхняя. Модель плотности для баллистического обеспечения полетов искусственных спутников Земли. Принят 2004-03-09. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. 24 с.
8. *Аль Тамими Мутанна Абдулкарим* Исследование влияния солнечной активности на глобальное влагосодержание атмосферы и интенсивность осадков: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 25.00.30 / *Аль Тамими Мутанна Абдулкарим*. Рос. гос. гидрометеорол. ун-т (РГГМУ). Санкт-Петербург, 2016. 135 с.
9. *Маслова А. И., Пироженко А. В.* Изменения плотности атмосферы при движении космических аппаратов на низких околоземных орбитах. Космічна наука і технологія. 2009. Т. 15, № 1. С. 13–18. https://doi.org/10.15407/knit2009.01.013
10. Сайт космической погоды. URL: http://www.spaceweather.com/

Получено 24.05.2019,
в окончательном варианте 26.09.2019