

### 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Тема диссертации: «Разработка моделей и комплекса программ моделирования движением наноспутника с неизолированным электродинамическим тросом».

1. Общая характеристика математических моделей движения КА. Модели движения центра масс и относительно центра масс КА.
2. Тросовые технологии в космосе. Математические модели движения космических тросовых систем.
3. Электродинамические космические тросовые системы. Применение, математические модели, управление движением.
4. Математические модели движения наноспутника с неизолированным проводящим тросом.
5. Применения неизолированных тросов для удаления из космоса отработавших свой ресурс наноспутников. Математическая модель торможения наноспутника с помощью неизолированного троса.
6. Применение неизолированных тросов для измерения характеристик ионосферы Земли. Описание алгоритма.
7. Магнитное поле Земли. Характеристики, основные модели.
8. Примеры и описание программных средств, реализующих моделирование движения наноспутника.
9. Структура программного комплекса определения характеристик ионосферы Земли с помощью неизолированного проводящего троса.
10. Этапы разработки программного комплекса определения характеристик ионосферы Земли с помощью неизолированного проводящего троса.
11. Особенности отладки программного комплекса определения характеристик ионосферы Земли с помощью неизолированного проводящего троса.
12. Особенности тестирования программного комплекса определения характеристик ионосферы Земли с помощью неизолированного проводящего троса.
13. Особенности верификации результатов моделирования с помощью программного комплекса определения характеристик ионосферы Земли с помощью неизолированного проводящего троса.
14. Проектирование интерфейса программного комплекса определения характеристик ионосферы Земли с помощью неизолированного проводящего троса.
15. Визуализация результатов моделирования с использованием программного комплекса определения характеристик ионосферы Земли с помощью неизолированного проводящего троса.

## Список литературы

1. Белецкий В.В. Динамика космических тросовых систем/В.В. Белецкий, Е.М. Левин. – М.: Наука, 1990. – 329 с.
2. Алпатов А.П., Белецкий В.В., Драновский В.И. и др. Динамика космических систем с тросовыми и шарнирными соединениями / А.П. Алпатов, В.В. Белецкий, В.И. Драновский и др. — Москва–Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". Институт компьютерных исследований, 2007. — 560 с.
3. Bombardelli C. Deorbiting Performance of Bare Electrodynamic Tethers in Inclined Orbits / C. Bombardelli, D. Zanutto, E. Lorenzini // J. of Guidance, Control, and Dynamics. – 2013. – Vol. 36. – № 5. – p.1550-1555.
4. Zhong R. Dynamics of Nanosatellite Deorbit by Bare Electrodynamic Tether in Low Earth Orbit / R. Zhong, Z.H. Zhu // J. of Spacecraft and Rockets. – 2013. – Vol. 50. – № 3. – P. 691–700.
5. Bombardelli C. Space Debris Removal with Bare Electrodynamic Tethers/C. Bombardelli, J. Herrera-Montojo, A. Iturri-Torrea, and J. Pelaez // Advances in the Astronautical Sciences. – 2010. – Vol. 136. – Pt. III. – P. 2523–2533.
6. Chen X. Bare-tether cathodic contact through thermionic emission by low-work-function materials/X. Chen, J.R. Sanmartin // Physics of Plasmas. – 2012. – Vol. 19. – P.1–8.
7. Sánchez-Arriaga G. Impact of Nonideal Effects on Bare Electrodynamic Tether Performance/ G. Sánchez-Arriaga, C. Bombardelli, X. Chen // J. of Propulsion and Power. 2015. Vol.31(3). P.951-955.
8. Levin E.M. Dynamic analysis of space tether missions / E.M. Levin. – San Diego: American Astronautical Society, 2007.– 453 p.
9. Воеводин П.С. Моделирование и анализ колебаний электродинамической тросовой системы на орбите спутника Земли / П.С. Воеводин, Ю.М. Заболотнов // Математическое моделирование. – 2017. – Т.29. – №6. – С.21-34.
10. Zabolotnov Yu. Introduction to the dynamics and control of the motion of space tether systems / Yu. Zabolotnov // Beijing: Science Press, 2013. 140 p.
11. Li G. Precise analysis of deorbiting by electrodynamic tethers using coupled multiphysics finite elements / G. Li, Z.H. Zhu // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. Volume 40, Issue 12, 2017, Pages 3343-3352.
12. Воеводин П.С. О стабилизации движения электродинамической тросовой системы на околоземной орбите / П.С. Воеводин, Ю.М. Заболотнов // Известия РАН. Механика твердого тела, №4, 2019, с.49-63.
13. Воеводин П.С. Моделирование процесса торможения наноспутника с помощью электродинамической тросовой системы/ П.С. Воеводин, Ю.М. Заболотнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XXI международной конференции. Самара: ООО «Офорт», 2019. С.232-237.
14. Иванов Д.С. и др. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОРБИТАЛЬНОГО И УГЛОВОГО ДВИЖЕНИЯ СПУТНИКОВ // МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. 2019. Т. 31, № 12. С. 44-56.

15. Храмов Д.А. ОБЗОР СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ // Sciences of Europe. 2021. Т. 82. С. 63-68.
16. ПРОГРАММА SIMULATION OF CONTROLLED ORBITAL MOTION (S-COM) ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОРБИТЫ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ СОВЕРШЕНИИ МАНЁВРОВ // Старинова О.Л. и др. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023615121, 10.03.2023.
17. Программный комплекс «Расчёт замкнутых траекторий космического аппарата с электроракетной двигательной установкой» // Старинова О.Л. и др. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022617889, 26. 04.2022.