УДК 533.95

В. О. ШУВАЛОВ, Г. С. КОЧУБЕЙ, Д. М. ЛАЗУЧЕНКОВ

ВЗАЄМОДІЯ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ З ПОТОКАМИ ПЛАЗМИ Й ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В АТМОСФЕРІ ЗЕМЛІ

Дано короткий аналіз результатів досліджень, отриманих у відділі механіки іонізованих середовищ Інституту технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України за період 2011 – 2015 р.р. за трьома напрямками, які характеризують взаємодію "намагнічених" космічних апаратів з іоносферною плазмою, конструкційних матеріалів з надзвуковими потоками атомарного кисню і вакуумного ультрафіолетового випромінювання в атмосфері Землі, наукової апаратури ІТМ на супутнику "Січ-2" з навколишнім середовищем.

Ключові слова: *"намагнічене" тверде тіло, магнітогідродинамічна взаємодія, теплові потоки, атомарний кисень, ультрафіолетове випромінювання, діагностика іоносферної плазми.*

1. Heat exchange and deceleration of a magnetized body in a rarefied plasma flow / *V. A. Shuvalov, A. I. Priimak, K. A. Bandel', G. S. Kochubei* and *N. A. Tokmak* // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2011. – V. 52, № 2. – P. 1 – 8.
2. Physical simulation of the interaction of "magnetized" bodies and the Earth's atmosphere in the hypersonic rarefied plasma flow / *V. A. Shuvalov, S. N. Kulagin, G. S. Kochubey, N. A. Tokmak* // High Temperature. – 2012. – V. 50, № 3. – P. 315 – 322; DOI: 10.1134/S0018151X12030182.
3. Dynamic Interaction of a "Magnetized" Cone with a Hypersonic Flow of Rarefied Plasma / *V. A. Shuvalov, N. A. Tokmak, S. N. Kulagin,* and *G. S. Kochubei* // High Temperature. – 2013. – V. 51, №. 6. – P. 725 – 732; DOI: 10.1134/S0018151X13050192.
4. Control over Heat Exchange and Decleration of a "Magnetized" Body in a Rarefied Plasma Flow / *V. A. Shuvalov, A. I. Priimak, K. A. Bandel', G. S. Kochubey* and *N. A. Tokmak* // High Temperature. – 2011. – V. 49, N. 3. – P. 335–343; DOI: 10.1134/S0018151X11030187.
5. Influences of Electrical Conductivity of Wall on Magnetohydrodynamic Control of Aerodynamic Heating / *T. Fujino, H. Sugita, M. Mizuno, I. Funaki, M. UIshikava* // J. Spacecraft and Rockets. – 2006. – V. 43, № 1. – P. 63 – 70.
6. *Fujino T.* Numerical Analysis of Reentry Trajectory Coupled with Magnetohydrodynamic Flow Control / *T. Fujino, T. Yoshino, M. Ishikawa* // J. Spacecraft and Rockets. – 2008. – V. 45, № 5. – P. 911 – 920.
7. Magnetohydrodynamics Interaction Over an Axysymmetric Body in a Hypersonic Flow / *A. Cristifolini, C. A. Borghi, G. Neretti, A. Passaro, G. Fantoni, F. Paganucci* // J. Spacecraft and Rockets. – 2008. – V. 45, № 3. – P. 438 – 444.
8. *Битюрин В. А.* Магнитогидродинамическое взаимодействие при обтекании затупленного тела гиперзвуковым воздушным потоком / *В. А. Битюрин, А. Н. Бочаров* // Изв. РАН, МЖГ. – 2006. – №5. – С. 188 – 203.
9. *Битюрин В. А.* О наземных МГД-экспериментах в гиперзвуковых потоках / *В. А. Битюрин, А. Н. Бочаров* // ТВТ. – 2010. – Т. 48, № 6. – С. 916 – 923.
10. Kinetic and Continuum Simulations of Electromagnetic Control of a Simulated Reentry Flow / *H. Katsurayama, M. Kawamura, A. Matsuda, T. Abe*. // J. Spacecraft and Rockets. – 2008. – V. 45, № 2 – P. 248 – 254.
11. Control of the Dynamic Interaction of a "Magnetized" Sphere with a Hypersonic Flow of Rarefied Plasma / *V. A. Shuvalov, N. A. Tokmak, N. I. Pis'mennyi,* and *G. S. Kochubei* // High Temperature. – 2015. – V. 53, №. 4. – P. 463 – 469; DOI: 10.1134/S0018151X15030177.
12. Синергетический эффект воздействия потоков атомарного кислорода и вакуумного ультрафиолета на полиимидные пленки космических аппаратов / *В. А. Шувалов, Н. А. Токмак, Н. И. Письменный, Г. С. Кочубей* // Космічна наука і технологія. – 2012. – № 3. – С. 27 – 36.
13. The Mass Loss of Spacecraft Polyimide Films under the Action of Atomic Oxygen and Vacuum Ultraviolet Radiation / *V. A. Shuvalov, N. I. Pis'mennyi, G. S. Kochubei, N. A. Tokmak* // Cosmic Research. – 2014. – V. 52, №. 2. – P. 99 – 105; DOI: 10.1134/S0010952514020063.
14. *Paillons A.* Spacecraft surface exposure to atomic oxygen in LEO / *A. Paillons* // Technol. Environment spatial. – Toulous : ESA, 1987. – P. 353 – 375.
15. *Shimamura A.* Investigation into Synergistic Effects of Atomic Oxygen and Vacuum Ultraviolet / *A. Shimamura, E. Miyazaki* // J. Spacecraft and Rockets. – 2009. – V. 46, № 2. – P. 241 – 254.
16. Деградация полимерных материалов на орбитальной космической станции ″Мир″ / *В. К. Милинчук, Э. Р. Клиншонт, И. П. Шелухов* и др. // Изв. Вузов. Ядерная энергетика. – 2002. – № 2. – С. 108.
17. *Акишин А. И.* Взаимодействие ионосферной плазмы с материалами и оборудованием космических аппаратов / *А. И. Акишин, С. К. Гужова* // Физика и химия обработки материалов. – 1993. – № 3. – С. 40 – 47.

18. Новые наукоемкие технологии в технике. В 24 т. Т. 17. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов / Под ред. *К. С. Касаева*. – М : ЗАО НИИ ЭНЦИТЕХ, 2000. – 280 с.
19. *Pippin H. G.* Final Report of Analysis of Boeing Specimens from on the Effects of Space Environment on Materials Experiment. Appendix B. / *H. G. Pippin* // NASA Langley Research Center, Hampton. – 2008. – VA 23681 – 2199. – 10 p.
20. ECSS – E – 10 – 04A. Параметры космического пространства. – Действует с 21 января 2000 г. – Noordwijk : ESTEC, 2000. – 219 с.
21. Assessment of Atomic – Oxygen Flux in Low – Earth Orbit Ground Simulation Facilities / *E. Grossman, I. Gouzman, G. Lempert* et. al. // J. Spacecraft and Rockets. – 2004. – V. 41, № 3. – P. 356 – 368.
22. A quantitative study in synergistic effects of atomic oxygen and ultraviolet regarding polymer erosion in LEO space environment / *K. Yokota, K. Ikeda, M. Tagawa, M. Okato* // Proc. 10th Intern. Symp. on Materials in a Space Environment and 8th Intern. Conf. On Protection of Materials and Structures in a Space Environment. Collioure, France, 2006. – Noordwijk : ESTEC, 2006. – P. 127 – 132.
23. Исследование температурных зависимостей скоростей травления полиимидной пленки в плазме / *Е. В. Кувалдина, В. К. Любимов, А. И. Максимов* и др. // Химия высоких энергий. – 1990. – Т. 24, № 5. – С. 471 – 474.
24. Surface interaction of polyimide with oxygen ECR plasma / *M. Naddaf, C. Balasubramanian, P. S. Alegaonkar, V. N. Bhoraskar* et. al. // Nuclear instrument and methods in physics research. – 2004. – B222. – P. 135 – 144.
25. Деградация полимерных материалов на орбитальной космической станции ″Мир″ / *В. К. Милинчук, Э. Р. Клиншпонт, И. П. Шелухов* и др. // Изв. Вузов. Ядерная энергетика. – 2002. – № 2. – С. 108.
26. Исследования полиимидных пленок с защитными покрытиями для космических аппаратов / *В. Н. Черник, С. Ф. Наумов, С. А. Демидов* и др. // Перспективные материалы. – 2000. – № 6. – С. 14 – 20.
27. A quantitative study in synergistic effects of atomic oxygen and ultraviolet regarding polymer erosion in LEO space environment / *K. Yokota, S. Seikyu, M. Tagawa, N. Ohmae* // Proc. 9th Intern. Symp. on Materials in a Space Environment. – Noordwijk : ESTEC, 2003. – P. 265 – 276.
28. *Tagawa M.* Atomic Oxygen – Induced Polymer Degradation Phenomena in Simulated LEO. Space Environments : How do Polymers React in a Complication Space Environment / *M. Tagawa* // Acta Astronautica. – 2008. – № 62. – P. 203 – 210.
29. *Miller S.* Investigation into the differences in atomic oxygen erosion yields of materials in ground based facilities compared to those in LEO / *S. Miller, B. Banks, D. Waters* // Proc. 10th Intern. Symp. on Materials in a Space Environment and 8th Intern. Conf. On Protection of Materials and Structures in a Space Environment. Collioure, France, 2006. – Noordwijk : ESTEC, 2006. – P. 120 – 126.
30. Intelsat solar array coupon atomic oxygen flight experiment / *S. Koontz, G. King, A. Dunnet, T. Kirkendahl* // J. Spacecraft and Rockets. – 1994. – V. 31, № 3. – P. 475 – 481.
31. Probe Diagnostics of Laboratory and Ionospheric Rarefied Plasma Flows / *V. A. Shuvalov, N. I. Pis'mennyi, D. N. Lazuchenkov* and *G. S. Kochubey* // Instruments and Experimental Techniques. – 2013. – V. 56, №. 4. – P. 459 – 467; DOI: 10.1134/S0018151X11010044.
32. Идентификация землетрясений по зондовым измерениям возмущений параметров ионосферной плазмы на КА "Сич-2" / *В. А. Шувалов, Д. Н. Лазученков, С. В. Носиков, Г. С. Кочубей* // Космічна наука і технологія. – 2013. – Т. 19, № 5. – С. 26 – 36.