

АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ РАБОТЫ И СПУСКА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

М.А. Котов

ИПМех РАН, г.Москва

kotov@ipmnet.ru

Рассказывается об актуальных аспектах и проблемах постановки наземных экспериментов, решаемых сотрудниками ИПМех РАН для условий моделирования работы и спуска космических аппаратов. Получаемые результаты важны для валидации расчетных моделей и программных комплексов при численном моделировании соответствующих физических процессов и определении степени их согласования.

Интерес к созданию новых космических аппаратов и развитию программ дальнейшего исследования планет Солнечной системы неуклонно растет. Комплекс вопросов, связанных с характеристиками плазменного слоя, который возникает у поверхности спускаемого аппарата при его движении в атмосфере, становится спектром задач, решение которых является чрезвычайно актуальным. Полный тепловой поток на поверхность аппарата при высоких скоростях полета сильно зависит от радиационной составляющей, которая зависит от излучающей и поглощающей способности образовавшегося плазменного слоя. Достоверное определение долей конвективного и радиационного нагрева в возникающих ударно-волновых структурах имеет как фундаментальное значение, связанное с изучением процессов высокоскоростной газодинамики и физико-химической кинетики, так и прикладное значение, связанное с определением термохимических свойств теплозащитных материалов и проектированием элементов аппарата [1, 2].

Для атмосферного участка полета спускаемого космического аппарата в некоторых точках траектории радиационные тепловые потоки могут достигать значений, сопоставимых с конвективными тепловыми потоками. Задачи создания и исследования материалов тепловой защиты будущих межпланетных миссий требуют глубокой модернизации существующих наземных экспериментальных установок для более достоверного моделирования условий радиационно-конвективного нагрева. Для этого выполняются эксперименты по комбинированному нагреву образцов теплозащитного материала дозвуковыми струями плазмы газов индукционного ВЧ-плазмотрона и лучом иттербиевого волоконного лазера [3, 4].

Актуальность исследований использования методов механики в проблеме оптимизации материалов с покрытиями для эксперимента на МКС определяется крайней необходимостью продления ресурса работы пар трения в открытом космосе. В результате расширения фронта работ на МКС всё более расширяется количество узлов трения, работающих в открытом космосе. На первое место выдвигаются задачи долговременной работы подвижных сопряжений. Это возможно достичь путём использования методов современной

механики для разработки и исследования новых материалов и покрытий для трущихся сопряжений [5–8]. Здесь важно моделировать такие факторы воздействия космического пространства, как высокий вакуум, жесткое УФ излучение, большие перепады температур. Воздействие излучения особенно важно для изучения фрикционных характеристик полимеров, материалов на основе каучука, смазочных материалов, исследования их изменений вследствие интенсивного старения [9].

Список литературы:

1. Kotov M.A., Shemyakin A.N., Solovyov N.G. et al. Performance assessment of thermoelectric detector for heat flux measurement behind a reflected shock of low intensity // *Applied Thermal Engineering*. 2021. V. 195. P. 117143
2. Котов М.А., Козлов П.В., Левашов В.Ю. и др. Регистрация радиационного теплового потока в ударной трубе с помощью термоэлектрического детектора // *Письма в Журнал технической физики*. 2023. Т. 49, № 17. С. 36.
3. Васильевский С.А., Галкин С.С., Колесников А.Ф. и др. Исследование режимов теплообмена в дозвуковых струях диссоциированного азота высокочастотного индукционного плазмотрона при дополнительном нагреве поверхности лазерным излучением // *Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа*. 2023. № 4.
4. Simonenko E.P., Kolesnikov A.F., Chaplygin A.V. et al. Oxidation of ceramic materials based on hfb2-sic under the influence of supersonic co2 jets and additional laser heating // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. V. 24. No. 17. P. 13634.
5. Броновец М.А. Трибология и космические транспортные системы // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2017. № 1. С. 18–23.
6. Bronovets M.A. Tribology Problems in Space. CD-ROM Proceedings of 5th World Tribology Congress. Turin, Italy, 8–13 September 2013. №152. ISBN 978-88-908185
7. Броновец М.А. Твёрдосмазочные покрытия в космической технике // *Трибология–машиностроению: Труды XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.П. Семёнова*. – М.: ИМАШ РАН. 2022. С. 64–67.
8. Броновец М.А. Масла и пластичные смазки в узлах трения космических аппаратов // *Трибология. Состояние и перспективы* / Под ред. М.А. Броновца и И.Г. Горячевой ISBN 978-5-4221-0875-6. Т. 2. РИК УГАТУ Уфа: 2019. С. 352–377
9. Броновец М.А., Огуречников В.А., Соловьев Н.Г., Чижов Ю.Л., Якимов М.Ю.. Экспериментальная установка для изучения трения и изнашивания с имитацией факторов открытого космоса // *Трение и износ*. 2009. Т. 30 (6). С. 529–532.