

## Влияния на космическия вакуум върху космическите апарати

*Юлика Симеонова*

*Институт за космически изследвания, БАН*

Разредената среда с налягане, по-ниско от атмосферното, обикновено се нарича вакуум, макар че самата дума в превод от латински означава празно пространство. Ако се изходи от това, че малка част от Вселената е запълнена с кондензирана материя, вакуумът може да се разглежда като доминиращо състояние, а атмосферата около Земята и планетите като частен случай.

Човекът отдавна познава вакуума, създаван от него изкуствено в земни условия. С вакуума са свързани и първите осветителни лампи с нагорещена жичка, както и съвременните телевизионни тръби и други електровакуумни прибори, с които си служим ежедневно.

В съвременната научноизследователска практика вакуумът е необходима среда за провеждане на редица прецизни експерименти и технологии, включително и за получаване на свръхчисти материали.

Съвременният етап на космическите изследвания е характерен с активното използване на космическия вакуум в различни области — технологии, астроинженерни дейности, изучаване на земните ресурси, работа в открития Космос и др., където участвуват широк кръг специалисти — включително технолози, геолози, океанолози, триболози, оптико-механици и др., които на практика недостатъчно познават спецификата на вакуума. Водени от практическия интерес и от често дискутирани въпроси в тази област, ще разгледаме някои особености на влиянието на космическия вакуум върху космическите апарати, изучаващи Космоса.

Наложително е още в началото да се отбележи голямото разнообразие в космическото пространство, където присъствуват всички състояния на материята, разпределени крайно неравномерно [1]. Ако се вземе само концентрацията на газовите частици, то тя се мени в много широки граници — от  $2,7 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  (при земната повърхност) до 1 и по-малко в междупланетното пространство [2]. Зависимостта на концентрацията, температурата, налягането на средната молекулна маса и на състава на неутралния газ от разстоянието до земната повърхност при средна слънчева активност [2, 3, 8] дава известна представа за това (табл. 1).

Таблица 1

Разстояние от Земята, km	Налягане, Pa	Температура, K	Концентрация на неутралните частици, cm <sup>-3</sup>	Примерен състав на газа
На морското равнище	~10 <sup>5</sup>	300	2,7.10 <sup>10</sup>	78% N <sub>2</sub> ; 21% O <sub>2</sub> ; ~1% Ar; H <sub>2</sub> ; He; Ne; Kr
30	~10 <sup>4</sup>	243	4,0.10 <sup>17</sup>	N <sub>2</sub> ; O <sub>2</sub> (O <sub>3</sub> ); Ar
50	66,5	270	—	N <sub>2</sub> ; O <sub>2</sub> ; O <sub>3</sub>
100	2,9.10 <sup>-2</sup>	200	—	N <sub>2</sub> ; O <sub>2</sub> ; O
150	5,0.10 <sup>-4</sup>	800	—	N <sub>2</sub> ; O <sub>2</sub> ; O
200	1,33.10 <sup>-4</sup>	1200	2.10 <sup>10</sup>	N <sub>2</sub> ; O; O <sub>2</sub> ; Ar; He; H
300	2,99.10 <sup>-5</sup>	1300	2.10 <sup>9</sup>	O; N <sub>2</sub> ; O <sub>2</sub> ; He; Ar; H
500	9,30.10 <sup>-7</sup>	1300	7,6.10 <sup>7</sup>	O; N <sub>2</sub> ; He; O <sub>2</sub> ; H
800	6,65.10 <sup>-8</sup>	1300	3,7.10 <sup>6</sup>	O; He; H; N <sub>2</sub> ; O <sub>2</sub>
1000	~10 <sup>-8</sup>	1300	2,6.10 <sup>5</sup>	O; He; H; N <sub>2</sub> ; O
2000	~10 <sup>-9</sup>	1300	2,1.10 <sup>4</sup>	He; H; O
5000	~10 <sup>-10</sup>	~10 <sup>3</sup>	3,0.10 <sup>3</sup>	H; He
10000	~10 <sup>-11</sup>	~10 <sup>3</sup>	~10 <sup>3</sup>	H; He
20000	~10 <sup>-12</sup>	~10 <sup>3</sup>	~10 <sup>2</sup>	H; He

Голямото разреждане на средата обуславя и друга особеност на космическия вакуум, свързана с поглъщащото (изпомпващо) действие. Пример за неговото практическо използване е описан в [9], където експериментална камера на борда на космически апарат се вакуумира от космическата среда, като достигания вакуум в нея ( $\sim 6,65 \cdot 10^{-3}$  Pa) е достатъчен за провеждане на някои физически изследвания на космическа орбита.

Изпомпващото действие на вакуума предизвиква отделяне на газ от поместените в него материали и обекти и образуване на газова „обвивка“ около космически апарат. На практика от повърхностите се извършва и сублимация, променяща тяхното състояние, включително и на специализираните покрития. Скоростта на сублимацията обикновено се определя експериментално в симулирани лабораторни условия, като се отчита съвместното действие на вакуума и на някои електромагнитни лъчения [4].

Космическият вакуум поставя и друг много съществен проблем, свързан непосредствено с изискванията за херметичност на космическите апарати, особено важни при пилотираните полети за гарантиране живота на космонавтите, или на други биологични обекти. Изследванията показват, че живите същества в условията на космическия вакуум загиват поради изпарение на клетъчното вещество [10, 11] и действието на космическата радиация [12]. Термовакuumните условия в Космоса необратимо увреждат живата клетка много по-бързо от радиационното въздействие, зависещо от дозата на облъчване [3].

Действието на космическия вакуум води до увеличаване и на адхезията, влошаване параметрите на триещите процеси в открития Космос. При триенето във вакуум отсъствуват традиционното смазване и конвекционното охлаждане. Температурата в зоната на контакта нараства, което стимулира пластичната деформация на материалите, адхезията, дифузията, деструкцията и десорбцията от взаимодействащите повърхности. Това води до тяхното изчистване, до зацепване-задиране в контакта и в някои случаи до блокиране на движението в триещия възел [5, 6, 7]. Тази тенденция е добре изразена при металите с кубична решетка, склонни към образуване на твърди разтвори и сплави [13].

Най-общо въздействията върху космическите апарати в условията на космическия вакуум се разделят на механични, топло- и електро-физични

Таблица 2

Физическо моделиране при	Налягане, Pa
Измерване на механичната здравина на херметизиращите елементи на космическите апарати при намаляване на налягането	$\sim 10^3$
Изключване на въздушното демфиране при вибрации	$10^{-1}$
Лъчисто топлоотдаване	$\leq 10^{-2}$
Диелектрични ефекти и разряди	$\leq 10^{-3}$
Изучаване конструктивната якост, вискозитета и други свойства на материалите, свързани с парния натиск	$\leq 10^{-4}$
Изучаване работата на йонните и плазмените двигатели	$\leq 10^{-5}$
Студена сварка на материалите	$\leq 10^{-5}$
Изучаване повърхностните свойства на материалите (адсорбция, взаимодействие „частици — твърдо тяло“, сухо триене и др.)	$< 10^{-5}$ до $10^{-12}$

и повърхнинни (сублимация, адхезия, трибологични процеси и др.). Многообразието на физическите условия и на протичащите процеси налага диференциран подход при избора на условията и параметрите при лабораторното моделиране и изследване. Така например при топло- и електро-физичните взаимодействия критичен параметър е концентрацията на частиците в обема, докато при повърхнинните определящи са потоците частици от и към повърхността [1]. Основен критерий също е и степента на вакуума. Интервалът на работното налягане при експерименталното възпроизвеждане на някои физически явления във вакуум е различен и е посочен в табл. 2 [1].

Понятията „лабораторно моделиране“ и „стимулиране“ трябва да се разграничават. При лабораторното моделиране параметрите и условията се определят и регулират от експериментатора и могат в известна степен да се различават от реалната среда, докато симулираните параметри са предопределени и възпроизвеждат реалните условия. Лабораторното моделиране дава възможност за прогнозиране поведението на обекта при различни условия на космическия полет, при диференциран подход, свързан със спецификата на изследвания процес или материал.

Не трябва да се забравя, че влиянието на космическия вакуум върху космическите апарати е свързано с цял комплекс от въздействия на различни фактори — електромагнитни лъчения с изключително широк енергиен диапазон, потоци заредени частици, метеорити, микрогравитация, топлинно влияние и др. В този смисъл космическата среда е уникална и нейното комплексно възпроизвеждане в земни условия е нереализуемо. Независимо от това обаче лабораторното моделиране във вакуум при определени условия е осъществимо и целесъобразно, както за изучаване на отделни процеси и ефекти, така и за създаване на научно обосновани прогнози.

Считам за свой приятен дълг да изкажа благодарност на Марк Давидович Нусинов за ценната информация и полезната дискусия по засегнатите пакратко проблеми, на които той посвети много години от творческия си живот на учен изследовател. Идеята за написване на статията дължа на него.

## Литература

1. Нусинов, М. Д. Космический вакуум. Сер. Космонавтика и астрономия, № 6. М., Знание, 1986.
2. Аллен, К. У. Астрофизические величины. М., Мир, 1977.
3. Нусинов, М. Д. Воздействие и моделирование космического вакуума. М., Машиностроение, 1982.
4. Козлов, Л. В., М. Д. Нусинов, А. И. Акишин и др. Моделирование тепловых режимов космического аппарата и окружающей среды. М., Машиностроение, 1971.
5. Силли, А. А. Трение в космическом вакууме. — Трение и износ, 1, 1980, № 1, с. 168.
6. Симеонова, Ю., Н. Гиздова, А. Шопов, Д. Йорданов, Т. Назърски. Особенности при използване на алуминиева сплав като елемент от трибодвойка за работа във вакуум. — В: Сборник докл. Нац. семинар „ТРИБОЛОГИЯ-90“, т. 1, 1990, С., с. 130.
7. Кандева, М., Ю. Симеонова, Н. Манолов, В. Пътов. Особенности на трибологичните процеси в Космоса. — Аерокосмически изследвания в България, 1992, № 8, с. 33.
8. International Reference Atmosphere-COSPAR, Berlin, Academic Verlag, 1972, p. 450.
9. Hobson, J. P. Methods of improving vacuum in Space. — Journ. Vac. Sci. and Technol., 14, 1977, No 6, p. 1279.
10. Grueschla, E. E., R. H. Suess, M. Willard. The viability of microorganisms in ultrahigh vacuum. — Planet. Space Sci., 80, 1961, No 1, p. 30.
11. Microorganisms die in Space test show. — Aviat. Week and Space Technol., 75, 1961, No 17, p. 99.
12. Horneck, G. Survival of microorganisms in Space. Abstr. Pap. XXIII Plenary COSPAR Meeting, Budapest, 1980, p. 480.
13. Redhead, P. A., J. P. Hobson, E. V. Cornelson. The physical basis of ultrahigh vacuum. N. Y., Barnes and Noble, Inc., 1968, p. 485.

Постъпила на 27. V. 1991 г.

### Some influences of space vacuum on space equipment

*Yulika Simeonova*

(Summary)

The influence of space vacuum on space equipment has been considered that is related with gas absorption and emission, geometry disturbance, adhesion increase, influence on live cells. The general principles of laboratory modelling and simulation of vacuum as a working environment for the study of particular processes of space experiments in earth conditions have been stated.