

**Нагиев А.В., Кирпичев В.А., Швецов Н.Ю., Панов А.Е.**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
С ЗАЩИТНЫМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ЭКРАНОМ**

Одной из основных проблем, препятствующих осуществлению пилотируемого полёта на Марс, является наличие в межпланетном космическом пространстве ионизирующего излучения [1].

В [2] предложена идея создания системы защиты космических объектов от радиационного воздействия частиц солнечного ветра и галактических космических лучей с помощью электростатического поля. Однако, прежде чем использовать данный вид защиты экипажа космического аппарата (КА) от космической радиации при полёте на Марс, требуется экспериментальное подтверждение возможности создания данной защиты и её эффективности.

Предлагается создание космического аппарата (КА) научно-исследовательского назначения на основе существующего КА «Бион-М» №1 (для минимизации затрат на производство) с целью подтверждения возможности создания защиты от космической радиации и её эффективности в реальных космических условиях. С экономической точки зрения выгоднее вместо полёта Земля-Марс осуществить запуск КА с живыми организмами (лабораторными мышами) на борту в радиационные пояса Земли на околокруговую орбиту с высотой  $H=1000$  км со сходными характеристиками ионизирующего излучения и сроком активного существования 100 суток.

На рис. 1 схематично представлен КА, состоящий из исходной конструкции КА «Бион-М» №1 с доработками в виде установленного защитного электростатического экрана (две оболочки: внутренняя и внешняя) с механизмом раскрытия внешней оболочки, зарядного отсека (ЗО) и выдвижной дистанционной штанги.

*Электростатический экран* представляет собой две оболочки. Внутренняя оболочка (листовая медная) заряжается отрицательным зарядом  $Q_1$ , внешняя (трёхсекционная медная сетчатая на стержневых поворотных рычажного типа опорах, обеспечивающих раскрытие экрана и жёсткость конструкции) – положительным  $Q_2$ . Электрическое поле внутри заряженной поверхности, а значит и внутри спускаемого аппарата (СА) и агрегатного отсека (АО), отсутствует.

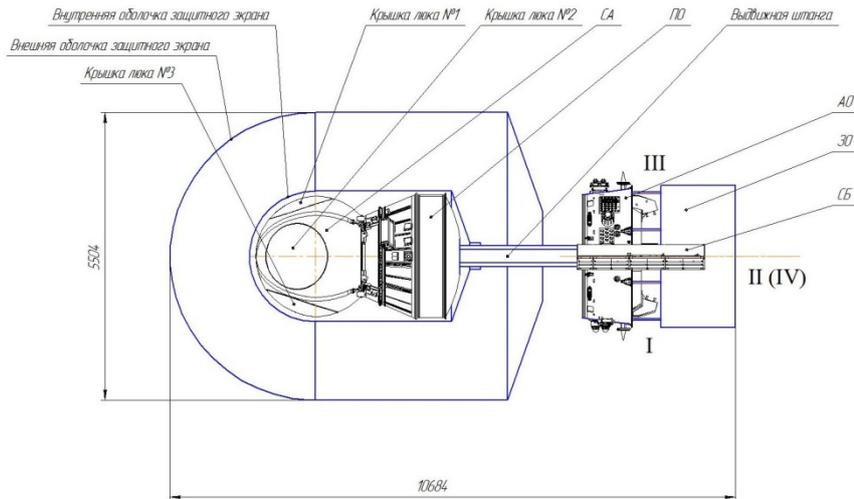


Рис.1. Конструктивно-компоновочная схема КА

За расчётные максимальные значения энергии частиц, отклоняемых экраном, принимаются максимальная энергия протонов  $E_{0p} = 4 \cdot 10^9 \text{ эВ} = 6,408 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$  и максимальная энергия электронов  $E_{0e} = 10^6 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$  в соответствии с графиком распределения энергий потоков частиц и их плотности, что является достаточным для торможения всех электронов и почти всего спектра протонов и  $\alpha$ -частиц. Положительно заряженные частицы, обладающие массой большей, чем у отрицательных, отклоняются электрическим полем положительного заряда  $Q_{2\Sigma}$  на неограниченной длине пробега, получаемым наложением электрических полей зарядов  $Q_1$  и  $Q_2$  друг на друга в области за пределами внешней оболочки. Отрицательно заряженные частицы (предварительно разогнанные электрическим полем заряда  $Q_{2\Sigma}$ ) с малыми инерционными свойствами отклоняются электрическим полем отрицательного заряда  $Q_1$  на длине пробега, ограниченной расстоянием между оболочками экрана. Такой выбор сочетаний электрических полей обусловлен меньшими затратами энергии на торможение лёгких электронов на короткой дистанции, чем тяжёлых протонов. Результаты расчётов потребных зарядов оболочек представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты расчётов потребных зарядов оболочек экрана

| Наименование характеристики                 | Значение |
|---|----------|
| Суммарный заряд $Q_{2\Sigma}$ , Кл          | 1,224    |
| Заряд внешней оболочки экрана $Q_2$ , Кл    | 2,246    |
| Заряд внутренней оболочки экрана $Q_1$ , Кл | -1,022   |

Пробой диэлектрика (вакуума) возникает при превышении действующим напряжением  $U$  напряжения пробоя диэлектрика  $U_{пр}$ , зависящего от рода и толщины слоя материала. Результаты расчётов электрической прочности вакуумного промежутка представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты расчётов электрической прочности вакуумного промежутка

| Наименование характеристики                              | Значение             |
|--|----------------------|
| Электрическая прочность вакуума $E, B/m$                 | $1,1 \cdot 10^{10}$  |
| <i>Промежуток между оболочками</i>                       |                      |
| Напряжение между оболочками $U_{1-2}, B$                 | $4,001 \cdot 10^9$   |
| Расстояние между оболочками $\delta_{1-2} = \Delta R, m$ | 1,5                  |
| Напряжение пробоя $U_{пр}, B$                            | $1,65 \cdot 10^{10}$ |

Зарядка электростатического экрана производится от топливного генератора на компонентах несимметричный диметилгидрозин (НДМГ) и АТИН (мощность электрогенератора  $P_{ЭГ} = 100 \text{ кВт}$ ), доработанного под использование данного топлива из дизельного генератора ПСМ АД–100 (ММЗ) и размещённого вместе с топливом в ЗО. После зарядки экрана ЗО отстреливается и КА переходит с орбиты выведения (220 км) на рабочую орбиту (1000 км). Характеристики электрического тока зарядки приведены в табл. 3.

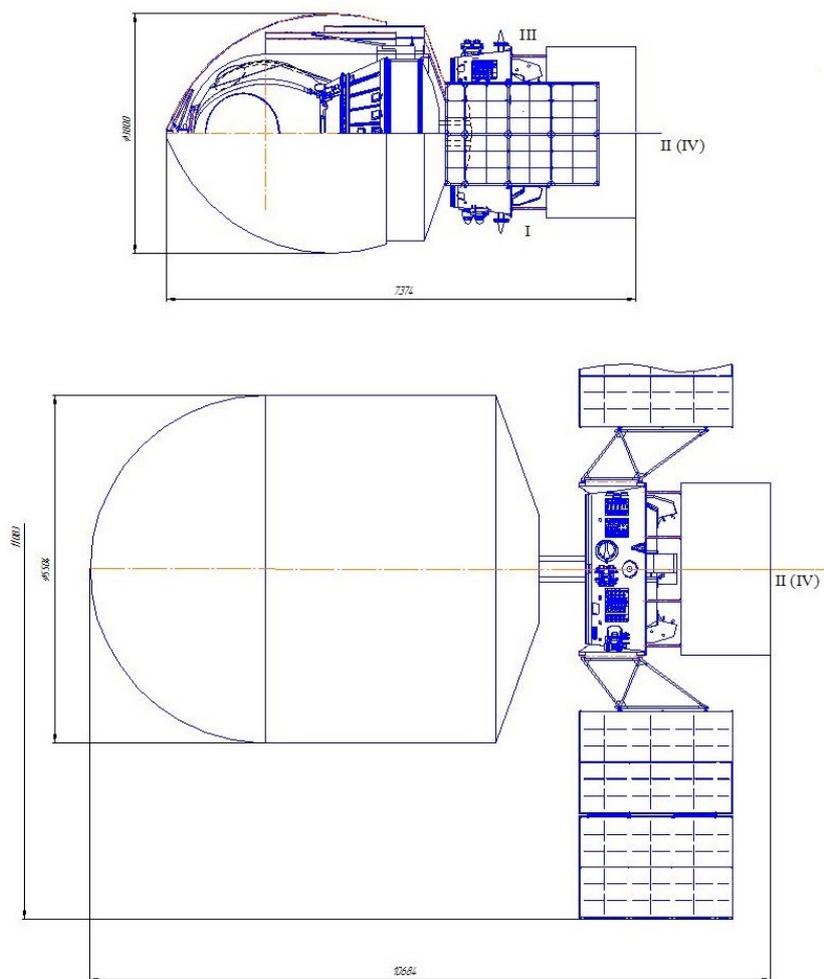
Таблица 3 – Результаты расчётов наиболее оптимальных значений токов, времени и мощности заряда оболочек электростатического экрана

| Наименование характеристики  | Значение            |
|--|---------------------|
| Ток заряда внутренней и внешней оболочек экрана $I_0, A$                 | $2,3 \cdot 10^{-5}$ |
| Время заряда внутренней оболочки экрана $\tau_1, c$                      | 44440               |
| Напряжение на экране при его зарядке $U_{1-2}$ и $U_{2\Sigma-\infty}, B$ | $4 \cdot 10^9$      |
| Мощность на заряд экрана $P, Вт$   | 92023               |
| Время заряда внешней оболочки экрана $\tau_2, c$                         | 97660               |
| Суммарное потребное время зарядки экрана $\tau_{\Sigma}, c$ (сум)        | 142100 (1,65)       |

Разрядка оболочек экрана вследствие оседания заряженных частиц противоположного знака компенсируется током поддержания заряда от солнечных батарей (СБ), рассчитанное значение мощности которого при солнечных вспышках  $P = 265 \text{ Вт}$ .

Расчитанная поглощённая доза ионизирующего излучения в течение всего срока космической миссии ( $t = 100 \text{ сум}$ )  $D = 0,723 \text{ рад}$ , что весьма мало даже по сравнению с дозой, допустимой для мышей с уровнем удвоения вероятности генных мутаций  $D_{доп} = 0,1 \text{ Гр}$  (10 рад).

Облик предлагаемого КА в собранном транспортировочном и рабочем положениях представлен на рис. 2.



*Рис. 2. КА в собранном транспортировочном (под головным обтекателем ракеты-носителя) и рабочем (на рабочей орбите с раскрытыми СБ и защитным экраном) положениях*

### **Библиографический список**

1. Степанов, С.Л. Космическая среда и условия пребывания в ней летательных аппаратов: Учебное пособие [Текст] / С.Л. Степанов, В.Т. Тимшин, Л.П. Юмашев – Куйбышев: КуАИ, 1986. – 76 с.
2. Гарафутдинов, А.А. Электростатическая защита космических кораблей, планет, спутников планет и других космических объектов от радиационного космического излучения [Текст] / А.А. Гарафутдинов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – №1. – С. 11-14.