

С.П. Ващук, Н.С. Костюков, В.В. Нецименко

**ГЕРМЕТИЧНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ ВВОДЫ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И СТАНЦИЙ**

*В статье рассматривается возможность использования разработок герметичных кабельных вводов для космических аппаратов и станций.*

*Ключевые слова: герметичные кабельные вводы, керамические изоляторы, изоляторы на основе стекла, космические аппараты, космические станции.*

**HERMETICALLY SEALED CABLE INPUTS FOR SPACECRAFTS AND STATIONS**

*The paper discusses the potential of hermetically sealed cable inputs for spacecrafts and orbital stations.*

*Key words: hermetically sealed cable inputs, ceramic insulators, glass insulators, spacecrafts, space stations.*

На космических спутниках и станциях имеется большое количество различных приборов, для нормального функционирования которых должны быть подведены управляющие электрические кабели, герметично проходящие через изолированные отсеки. Для этого могут быть применены наши разработки различных типов герметичных кабельных вводов и проходных герметичных изоляторов. Причем необходимо учитывать специфику космического пространства, основные факторы которого приводятся в таблице.

**Основные факторы влияния космического пространства**

Факторы космического пространства	Области локализации
1	2
Поток нейтральных атомов (O): $F \sim 10^{18} - 10^{20} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ Вакуум $P \sim 10^{-4} - 10^{-11} \text{ Па}$	Верхняя атмосфера Земли, межпланетное пространство
Электромагнитное солнечное излучение: X, УФ, ВУФ, ВИ, ИК $F = 1,4 \cdot 10^3 \text{ Дж м}^{-2} \text{ с}^{-1}$	Межпланетное и околоземное пространство
Холодная плазма: $T \sim 10^3 - 10^5 \text{ К}$ $n \sim 10^6 - 10^{12} \text{ м}^{-3}$	Ионосфера и плазмосфера Земли
Плазма межпланетного пространства: $T \sim 10^5 \text{ К}$ , $n \sim 10^7 \text{ м}^{-3}$ $v \sim 4 \cdot 10^5 \text{ м с}^{-1}$	Солнечный ветер

1	2
Горячая магнитосферная плазма: $T \sim 10^3 - 10^5$ эВ $n \sim 10^6 \text{ м}^{-3}$	Магнитосфера Земли: область геостационарной орбиты, плазменный слой, высокоширотные области ионосферы
Электроны и ионы радиационных поясов Земли: $E \sim 0,1 - 30$ МэВ $F \sim 10^8 - 10^{12} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$	Область захваченной радиации внутри магнитосферы Земли
Протоны солнечных вспышек: $E \sim 1 - 10^4$ МэВ $F \sim 10^7 - 10^8 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$	Солнечные космические лучи
Потоки ядер высоких энергий: $E \sim 10^3 - 10^{14}$ МэВ $F \sim 10^2 - 10^4 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$	Галактические космические лучи
Вакуум от $10^{-4}$ до $3 \times 10^{-15}$ Па	Космическое пространство
Градиент температур КА от $-180$ до $+180$ °С	Нагрев КА в процессе лучистого обмена

Кабельные вводы и изоляторы на космических станциях должны выдерживать длительное воздействие различных космических излучений и быть стойкими к значительному перепаду температур. Немаловажное значение имеет необходимость с помощью герметичных кабельных вводов предотвратить проникновение пожара по кабелям из одного изолированного отсека космической станции в другой. Данные изделия должны быть выполнены из радиационно стойких и огнестойких материалов.

Изделия из полимерных материалов под длительным воздействием радиации могут давать трещины и терять герметичность. В случае пожара большинство полимерных герметизирующих компаундов после температуры более 300°С выгорают. Поэтому мы предлагаем к применению разработки герметичных кабельных вводов [1-4], выполненных по техническим требованиям для атомных станций.

Для повышения надежности изделия проектировались только из радиационно стойких и огнестойких материалов на основе модулей из металлов, керамики, специальных стеклоприпоев и кабелей с металлической оболочкой и минеральной изоляцией. Это гермовводы типа ВГКК, различные



Рис. 1. Одноштырьковый металлокерамический проходной изолятор.



Рис. 2. Многостырьковый керамический проходной изолятор.

модификации которых описаны в технических условиях [5]. В состав материалов для гермовводов типа ВГКК вошли разные виды сталей, припой на основе серебра и меди, – например, ПСР-72, кабели с медной или стальной оболочкой и минеральной изоляцией типа КМЖ и КТМС, керамические изоляторы (рис 1, 2) на основе радиационно стойкой керамики УФ-46 и 22ХС.

Кроме хорошей стойкости к гамма-излучению (интегральная доза радиации с учетом всех аварий  $5 \cdot 10^8$  рад), указанные материалы обладают высокой огнестойкостью (стандартный режим по-



жара до 1000С°). Металлокерамические модули для гермовводов изображены на рис.3.

*Рис. 3. Металлокерамические кабельные модули.*

Факторы среды, оказывающие влияние на изделия, находящиеся на космическом аппарате или станции, по многим показателям схожи или меньше условий на атомной станции, поэтому при некоторой корректировке возможно применение гермовводов и проходных изоляторов, разработанных в атомной энергетике для космоса.

---

1 Авторское свидетельство СССР SU 1833022. Герметичный ввод / Костюков Н.С., Павлов Д.В., Антонова Н.П., Цуркан Л.М., Ващук С.П. – № 4485949/07; Заявл. 03.10.88.

2. Патент на изобретение RU 2030049. Герметичный ввод экранированных кабелей / Костюков Н.С., Ващук С.П., Берковский Е.Я., Щеглова М.Д., Антонова Н.П. – №4835121/07; Заявл. 27.04.90 // Изобретения. – 1995. – № 6.

3. Патент на изобретение RU 2030050. Способ заделки концов термопарных кабелей гермовводов / Костюков Н.С., Певзнер Г.З., Савосько Р.В., Курганская И.Ю., Ващук С.П. – №4858225/07; Заявл. 20.08.90 // Изобретения. – 1995. – № 6.

4. Патент на изобретение RU № 2030001. Герметичный ввод / Холодный С.Д., Костюков Н.С., Ващук С.П., Данилюк В.И. – № 4859223/07; Заявл. 20.08.90 // Изобретения. – 1995. – № 6.

5. Технические условия ТУ 7434-4740909-001-92Э / Вводы герметичные контрольных кабелей / Благовещенск: ИТЦ АмурНЦ ДВО РАН, 1992. – 62 с.

6. Ващук, С.П. Расчет электромагнитных параметров гермовводов АЭС с применением кабелей марки КМЖ / С.П. Ващук, Н.С. Костюков, С.Д. Холодный // Кабели и провода. – 2011. – № 201103. – С. 28-33.

7. Михайлов, М.М. Радиационное и космическое материаловедение: Учеб. пособие. – Томск: Изд-во ТГУ, 2008. – 433 с.