

УДК 621.396.6

Исследование восприимчивости бортовых кабелей космического аппарата к электромагнитным помехам в СВЧ диапазоне.

Жегов Н.А., Кириллов В.Ю.

В данной статье приведен анализ восприимчивости бортовых кабелей космического аппарата к электромагнитным помехам в СВЧ диапазоне, на примере восприимчивости кабелей системы разделения. Проводилось воздействие на кабели в несколько этапов, с последующей проверкой целостности пиросредств. Представлена установка и схема проведения исследования.

ключевые слова: электромагнитное поле; экранированный кабель; электромагнитная помеха.

Электромагнитные помехи (ЭМП) могут приводить к нештатным ситуациям в работе бортового комплекса управления космического аппарата. ЭМП внутри корпуса космического аппарата возникают вследствие работы устройств и приборов бортового комплекса управления, например антенн телеметрии работающих в сверхвысоко частотном (СВЧ) диапазоне. Электромагнитные помехи в виде электромагнитного поля излучаемого антенной ракето-носителя(РН) воздействует на бортовые кабели космического аппарата и РН [3]. Воздействие электромагнитного поля на кабели соединяющие пироустройства, может привести к непреднамеренному их срабатыванию и возникновению нештатных ситуаций. В связи с ростом количества запусков космических аппаратов (КА) возрастает необходимость в проведении исследований восприимчивости бортовых кабелей к электромагнитным помехам в СВЧ диапазоне. Исследования позволят определить помехозащищенность и устойчивость бортового комплекса управления (БКУ) к воздействию ЭМП [1], [4].

На предприятии ГКНПЦ имени «Хруничева» разработана программа и методика проведения исследования для подтверждения помехозащищенности бортовых кабелей КА к непреднамеренным электромагнитным помехам в СВЧ диапазоне в соответствии с отечественным стандартом[2].

Схема проведения исследований в соответствии с разработанной методикой представлена на рис.1.

Фотография установки для исследования помехозащищенности бортовых кабелей к воздействию излучаемых ЭМП представлена на рис.2

Исследуемые сборки кабелей с пироустройствами размещались в развернутом виде на металлической (металлизированной) поверхности. Пироустройства располагались в специальных контейнерах - пирокамерах для пироэлементов. На металлической поверхности располагались два кабеля для соединения с 16 пироустройствами. На разъемы кабелей устанавливались защитные крышки, при этом внутренние проводники оставались разомкнутыми(Рис.1).

При испытаниях регистрировались уровни напряженности поля (плотности потока мощности) антенн имитаторов излучения. В ходе испытаний измерительная антенна перемещается в различные зоны исследуемых кабелей напротив излучающих антенн, расстояние до кабелей остается равным 1 м. Расчетные значения уровней напряженности поля, создаваемых антеннами имитаторов радиопередатчиков РН приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Диапазон частот, ГГц	Выходная мощность, не менее	Коэффициент усиления, не менее	Напряженность поля на расстоянии		
			1 м	2 м	3 м
2,0/3,4 ГГц	12 Вт	12 дБ	75 V/m	37,7 V/m	25 V/m
			157,5 dB μ V/m	151dB μ V/m	148 dB μ V/m
5,0/5,8 ГГц	4 Вт	24 дБ	174 V/m	86,8 V/m	57,9 V/m
			165 dB μ V/m	159 dB μ V/m	155 dB μ V/m

Исследования проводились в два этапа. На первом этапе осуществлялась калибровка измерительной площадки. На втором этапе проводились исследования.

В режиме калибровки измерительной площадки в качестве объекта испытаний применяются имитаторы пироприборов, присоединенные к кабелям соединения пироприборов с прибором автоматики системы управления первой ступени ракеты-носителя. В этом режиме путем последовательного перемещения излучающих антенн определяется зона наибольшей напряженности электрического поля и необходимое расстояние от излучателей до кабельной сети пироприборов.

Излучатели последовательно включаются на каждой из частот (2284 МГц, 2271 МГц, 5580 МГц). Положение антенны регистратора поля – в зонах диаграмм направленности антенн излучателей.

Примечание. Показания регистратора поля в силу способа обработки сигнала могут быть несколько занижены по отношению к расчетным.

Целью режима является достижения максимумов излучений в трех зонах объекта испытаний:

- 1) зона стыка кабелей пироприборов между собой;
- 2) зона пироприборов;
- 3) зона примерно соответствующая геометрической середине кабелей.

Регулировка мощности излучения и режимов модуляции излучателей производится операторами в диалоговом режиме с помощью управляющих компьютеров.

Положение антенн излучателей и регистратора, соответствующие зонам максимумов фиксируются в Протоколе калибровки измерительной площадки.

Продолжительность режимов излучения на каждой из частот не менее 300 секунд.

Интервал между включениями излучателей на излучение не менее 20 минут. Кабели в зоне максимума излучения были размещены таким образом, чтобы каждый из испытуемых кабелей был уложен в зоне максимума излучения размерами не менее метра. При этом все соединители также были размещены в зоне максимума излучения.

Максимальная напряженность поля при работе имитатора на частотах 2284 МГц, 2271 МГц составила 118 В/м (161.43 дБмкВ/м).

Максимальная напряженность поля при работе второго имитатора на частоте 5580 МГц составила 126 В/м (162 дБмкВ/м).

Максимальная напряженность поля при совместном включении двух имитаторов в данной зоне составила 210 В/м (166.44 дБмкВ/м).

В режиме исследований в качестве объекта испытаний применялись пироприборы, присоединенные к кабелям соединяющим приборы автоматики системы управления ракеты-носителя. Антенны излучателей и регистратора, соответствующие зонам максимумов, устанавливались в соответствии с калибровкой измерительной площадки в каждой из контрольных областей.

Излучатели включаются последовательно на каждой из частот :

Излучатель	Частоты	
2,0/3,4 ГГц	2270	
	2271	
	2272	
	2282	
	2283	
	2284	
5,0/5,8 ГГц	5578	
	5579	
	5580	
	5581	
	5582	

При проведении исследования на частотах 2.3 и 5.6 ГГц максимальное значение напряженности поля достигало ~ 174 В/м, при одновременной работе двух имитаторов излучений.

Излучатель	Частоты
ПЕРВЫЙ ЦИКЛ	
2,0/3,4 ГГц	2283
5,0/5,8 ГГц	5580
ВТОРОЙ ЦИКЛ	
2,0/3,4 ГГц	2284
5,0/5,8 ГГц	5580

Показания измерителя поля были несколько заниженными вследствие расположения прибора измерения, вне зоны максимальной напряженности поля.

Результаты исследования показали, что кабели обладают высокой помехозащищенностью к излучению радиосредств т.к. пиросредства остались не поврежденными. Это в свою очередь подтверждает правильность конструктивных и схемно-технических решений при разработке пиротехнических устройств системы разделения РН и средств их защиты от воздействия ЭМП в СВЧ диапазоне.

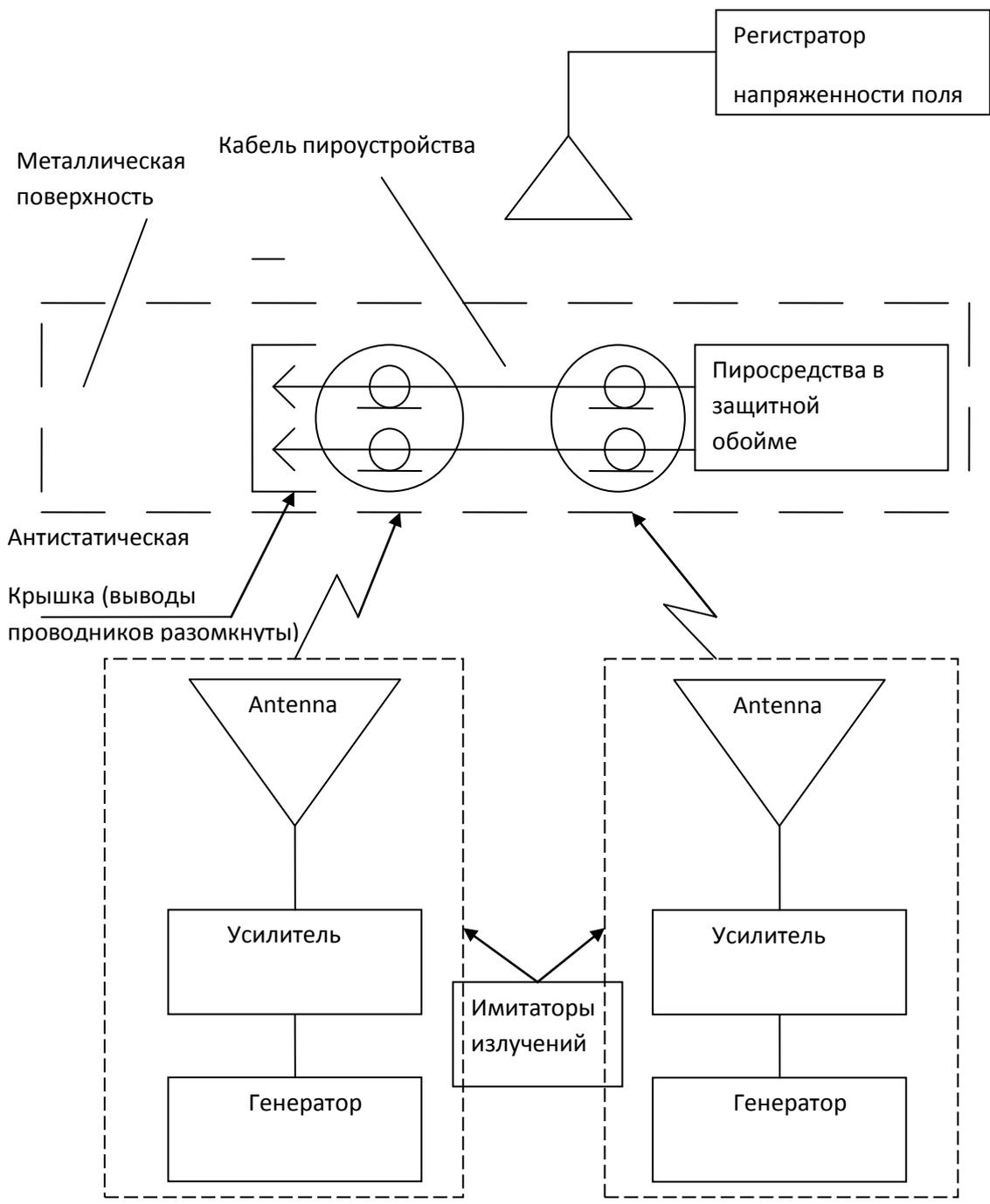


Рис. 1 Схема проведения исследований помехоустойчивости бортовых кабелей к воздействию излучаемых ЭМП.

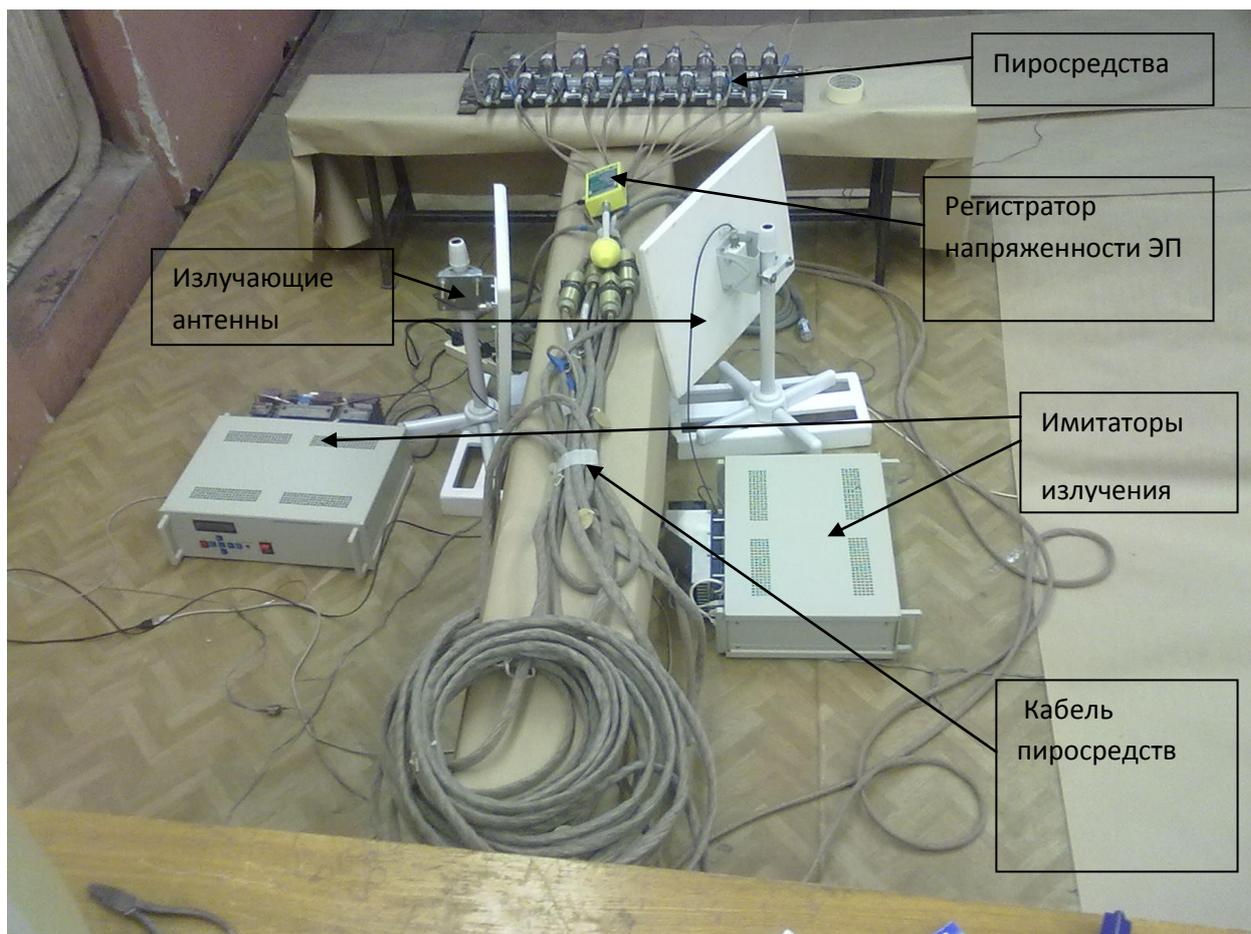


Рис.2 Установка для исследования помехозащищенности бортовых кабелей к воздействию излучаемых ЭМП.

Библиографический список.

1. Электромагнитная совместимость технических средств подвижных объектов / Под.ред. В.П. Булекова. – М.: Изд-во МАИ, 2004, 648 с.
2. ГОСТ Р 51317.4.3-99
(МЭК 61000-4-3-95)
Совместимость ТС электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний.
3. Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. Волин М. Л. Москва 1981 г.
4. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. Дж. Уайт. 1971-1973 г.

Сведения об авторах

КИРИЛЛОВ Владимир Юрьевич, профессор Московского авиационного института (национального исследовательского университета); e-mail: k309@mai.ru.

ЖЕГОВ Николай Алексеевич, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета); e-mail: k309@mai.ru.