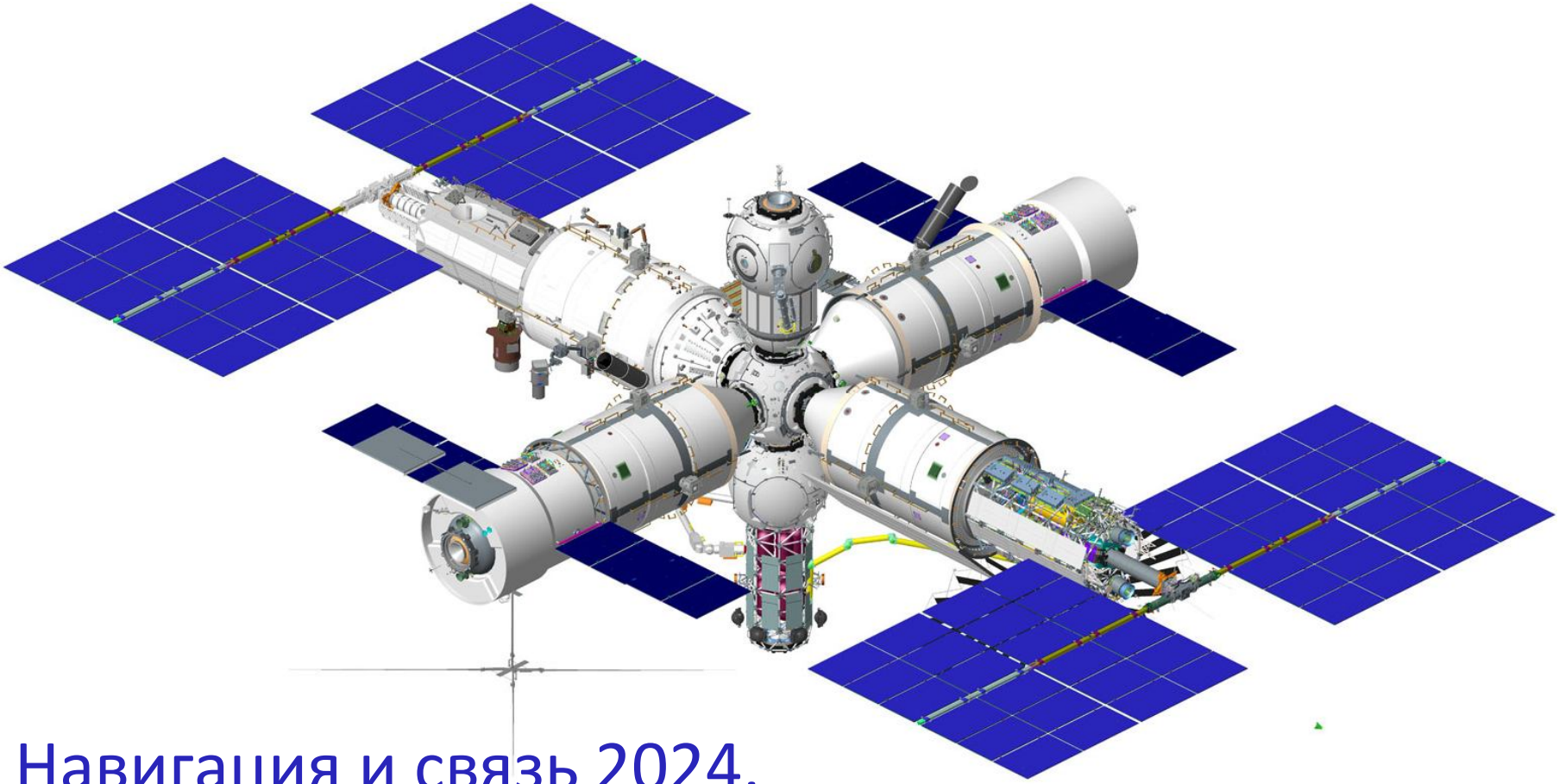
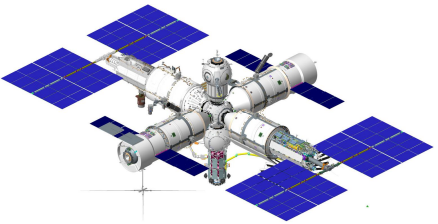


Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

ИП Кочеров Андрей Владимирович, к.т.н. +7 916 743 06 12

Andrey.Kocherov@Yandex.Ru https://andreykocherov.wixsite.com/cable-met



Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70020—2022

Космическая техника

ИНТЕРФЕЙСЫ И ПРОТОКОЛЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО МЕЖПРИБОРНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА И КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ. SPACEWIRE-RUS

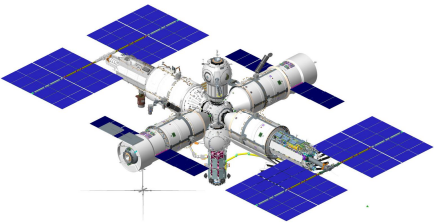
ГОСТ Р 70020-2022

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие требования к интерфейсам и протоколам высокоскоростного межприборного информационного обмена и комплексирования бортовых систем космических аппаратов и систем наземных инфраструктур технологии SpaceWire-RUS.

Настоящий стандарт распространяется на служебные системы и системы полезной нагрузки космических и других летательных аппаратов, а также на системы наземных инфраструктур.

Настоящий стандарт применяется в тех случаях, в которых его применение предписано требованиями технического задания, а также в ходе выполнения международных договоров и реализации международных проектов и программ при взаимном согласовании всех заинтересованных сторон.



Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

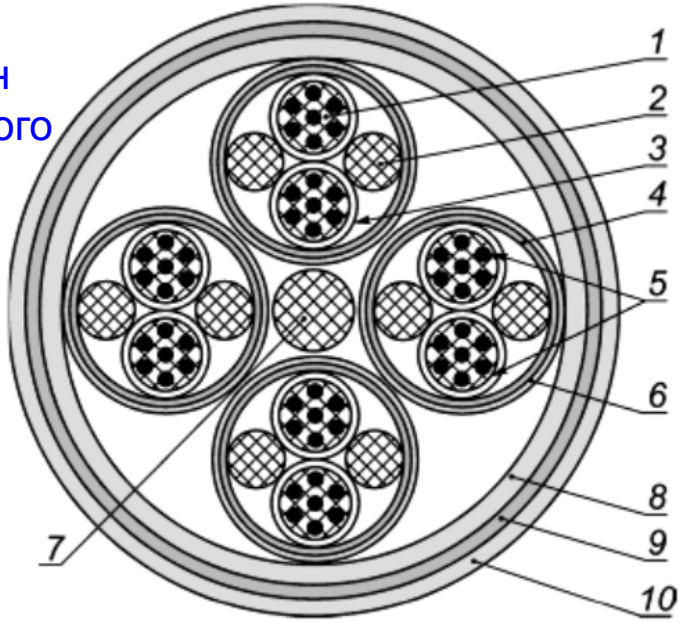
ГОСТ Р 70020—2022

Космическая техника

ИНТЕРФЕЙСЫ И ПРОТОКОЛЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО МЕЖПРИБОРНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА И КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ. SPACEWIRE-RUS

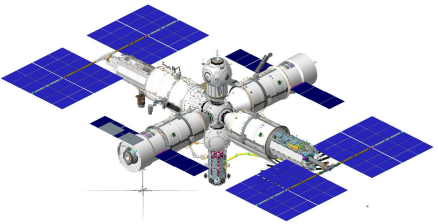
4.9 Интерфейс SpaceWire предназначен для работы со скоростями межприборного информационного обмена не более 400 Мбит/с на расстояниях не более 10 м.

4.10 Для интерфейса GigaSpaceWire настоящим стандартом определены следующие значения скоростей межприборного информационного обмена:
1062,5;
5…125;
312,5;
625;
1250 и
2500 Мбит/с - на расстояниях до 100 м.



1 - сигнальный провод
0,321 мм, S=0,081 кв.мм (28 AWG),
7x0,127 мм, S=7x0,0127 кв.мм (36 AWG);
2 - наполнитель витой пары;
3 - изоляция сигнального провода;
4 - экран витой пары [0,005 кв.мм (40 AWG)];
5 - витая пара;
6 - изоляция витой пары;
7 - наполнитель кабеля;
8 - оплетка кабеля;
9 - экран кабеля 0,008 кв.мм (38 AWG);
10 - оболочка кабеля

ГОСТ Р 70020 - Рисунок 2 - Конструкция стандартного кабеля SpaceWire



Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

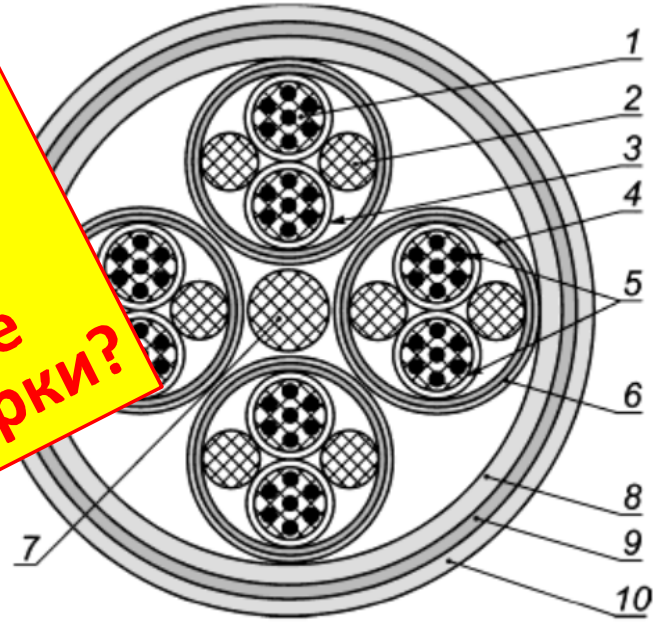
НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70020—2022

Космическая техника

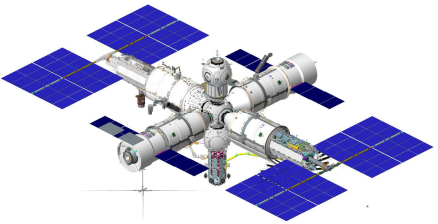
ИНТЕРФЕЙСЫ И ПРОТОКОЛЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО МЕЖПРИБОРНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА И КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ. SPACEWIRE-RUS

Как сдавать кабель? Какие требования и методики вносить в ТУ на кабель, в ТУ на кабельные сборки?



Определены:
конструкция кабеля
*волновое сопротивление =**100** Ом*
*диапазон температур **-200…+180** °С*
скорость и дальность

SpaceWire	**400** Мбит/с	до **10** м
GigaSpaceWire	**5…2500** Мбит/с	до **100** м



Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70020—2022

Космическая техника

ИНТЕРФЕЙСЫ И ПРОТОКОЛЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО МЕЖПРИБОРНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА И КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ. SPACEWIRE-RUS

Испытания кабелей

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54429—2011

КАБЕЛИ СВЯЗИ СИММЕТРИЧНЫЕ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Общие технические условия

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 53245—2008

Информационные технологии

СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРИРОВАННЫЕ МОНТАЖ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ СИСТЕМЫ

Методы испытания

Испытания кабельных систем

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

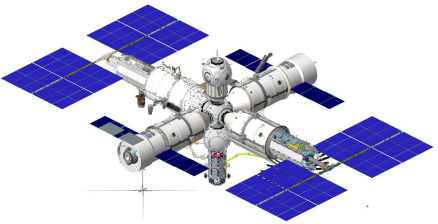
ГОСТ Р 58749—2019

Слаботочные системы

КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Тестирование кабельной системы. Основные положения

В кабельной промышленности отработаны условия на кабели, линии и сборки



Навигация и связь 2024.
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

Есть ТУ!

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70020—2022

Космическая техника

ИНТЕРФЕЙСЫ И ПРОТОКОЛЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО МЕЖПРИ… ИНФОРМАЦИОННОГО О… И КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ БО… СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППА… SPACEWIRE-RUS

Испытания кабелей

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54429—2011

КАБЕЛИ СВЯЗИ СИММЕТРИЧНЫЕ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Общие технические условия

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 53245—2008

Информационные технологии

СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРИРОВАННЫЕ МОНТАЖ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ СИСТЕМЫ

Методы испытания

Испытания кабельных систем

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

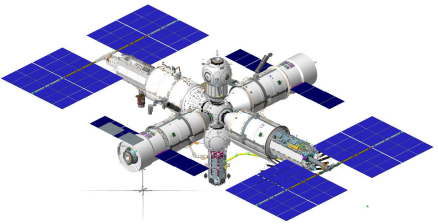
ГОСТ Р 58749—2019

Слаботочные системы

КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Тестирование кабельной системы. Основные положения

Использовать российский «гражданский опыт»
= нормы
+ методики
+ средства измерений



Навигация и связь 2024.
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

Российскими стандартами (ГОСТ Р 54429, 70042, 70126, 53880, 58416,...) и ведомственными нормативными документами установлены ***нормы+методики*** *к слаботочным – симметричным и коаксиальным кабелям как продукции кабельных заводов.*

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54429—2011

КАБЕЛИ СВЯЗИ СИММЕТРИЧНЫЕ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Общие технические условия

Испытания кабелей

МИНСТРОЙ РОССИИ

РОСНЕФТЬ

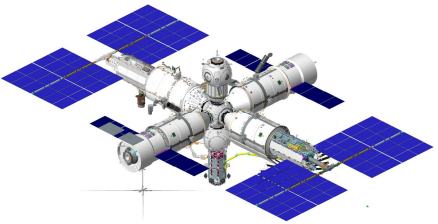
Ростелеком

Билайн

МТС ЦИФРОВАЯ ЭКОСИСТЕМА

РОССЕТИ

ТТК



Навигация и связь 2024.
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

Средства измерений

продукции кабельных заводов и кабельных линий = импортные системы и приборы

AESA VEGA 4 PAIRS LAN CABLE, Швейцария

Fluke Networks DSX2-5000, США

Испытания кабелей

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54429—2011

КАБЕЛИ СВЯЗИ СИММЕТРИЧНЫЕ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Общие технические условия

Испытания кабельных систем

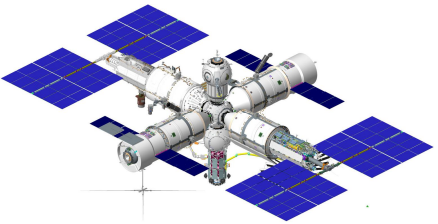
НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58749—2019

Слаботочные системы

КАБЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Тестирование кабельной системы. Основные положения

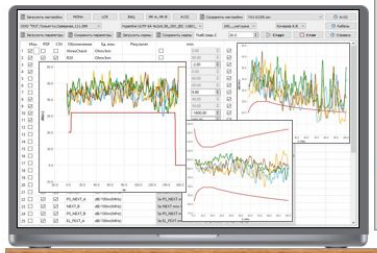


Навигация и связь 2024.
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

Средства измерений – импортозамещение

Совместная работа с производителями кабелей позволила сформировать технический облик анализаторов слаботочных кабелей

АК102-Х,
4…32 пары,
Россия



ВНИИКП

InfoLan

Анализаторы отработаны

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54429—2011

КАБЕЛИ СВЯЗИ СИММЕТРИЧНЫЕ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Общие технические условия

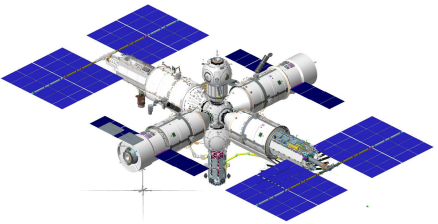
БЕЛТЕЛЕКАБЕЛЬ

САМАРСКАЯ КАБЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ
SAMARA CABLE COMPANY

ПАРИТЕТ
КАБЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

фариаль

САРАНСККАБЕЛЬ-ОПТИКА



Навигация и связь 2024.
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

Система А132
на 32 порта введена в НПП «Информсистема», Ростов-на-Дону 2022

Система изготовлена. Установлена. Работает.

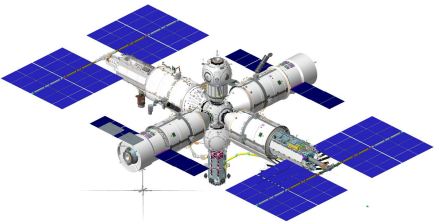
НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54429—2011

КАБЕЛИ СВЯЗИ СИММЕТРИЧНЫЕ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Общие технические условия

Основная задача:
неразрушающий контроль серийной продукции



Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

АК102-24 – анализатор на 24 пары введен на Тольяттинском Кабельном Заводе 2023

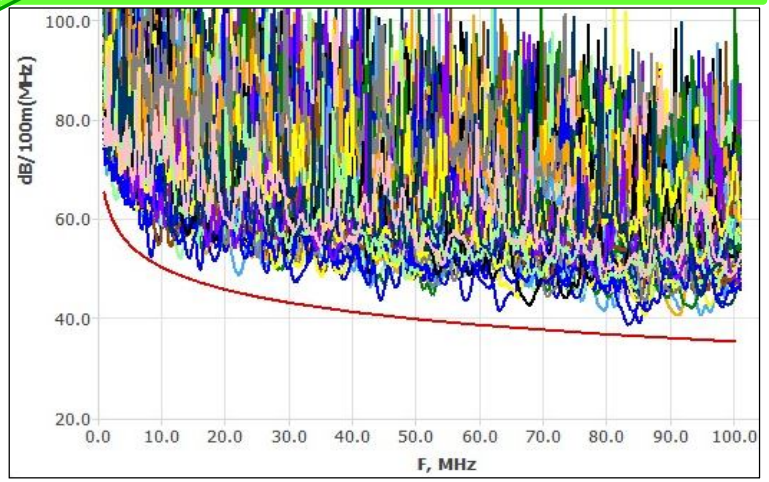
Анализатор изготовлен. Установлен. Работает.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54429—2011

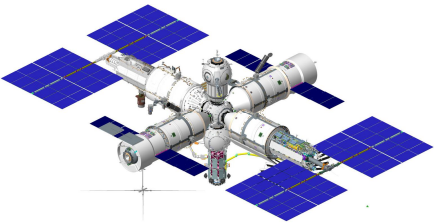
КАБЕЛИ СВЯЗИ СИММЕТРИЧНЫЕ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Общие технические условия



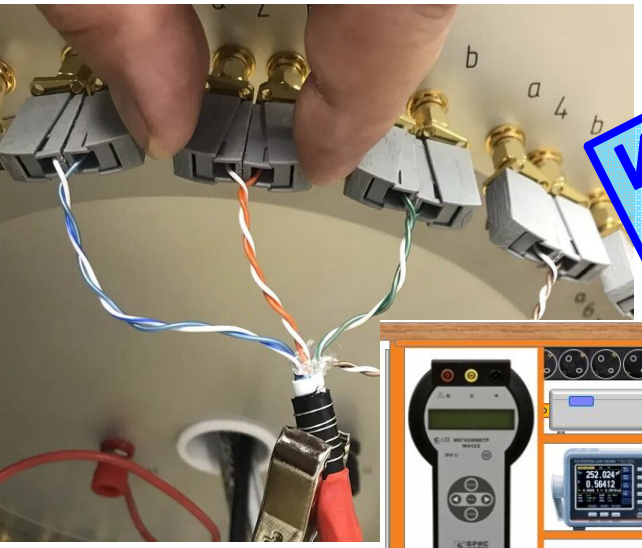
Основная задача: контроль многопарных кабелей

фариаль



Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS



Испытания кабелей SpaceWire

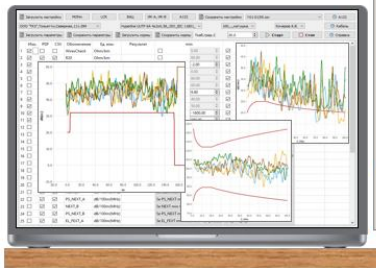
НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70020—2022

Космическая техника

ИНТЕРФЕЙСЫ И ПРОТОКОЛЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО МЕЖПРИБОРНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА И КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ. SPACEWIRE-RUS

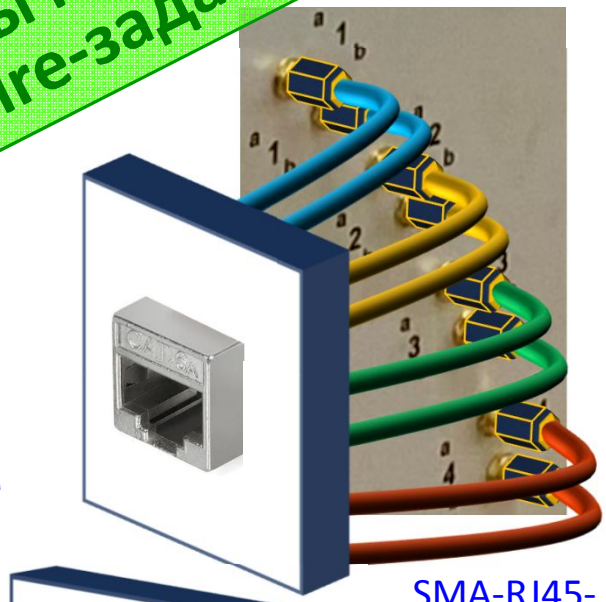
Адаптеры под SpaceWire-задачи



Испытания кабельных сборок SpaceWire

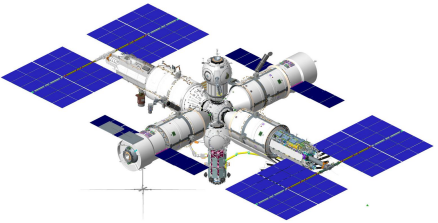
N-тип 75 Ом

N-тип 50 Ом



SMA-RJ45-адаптер

SMA-DB9-адаптер



Навигация и связь 2024.

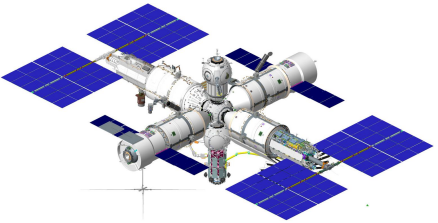
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

Испытания кабельных сборок SpaceWire

Испытания кабелей SpaceWire

Богатая номенклатура измеряемых параметров

Параметры LAN-кабелей – к SpaceWire	
НЧ	R20 – сопротивление жил, приведенное к 20 °C
	DR – омич. асимметрия жил в парах
	DRp – омич. асимметрия жил между парами
	Shield – сопротивление экрана
	Armor – сопротивление брони
	Cp – ёмкость пар
	C – ёмкость жил
	DC – емкостная асимметрия пар
	L – индуктивность пар
ВЧ	a20(f) – коэффициент затухания, приведенный к 20 °C
	Tp(f) – задержка прохождения
	DTp(f) – макс. разность задержки в парах
	RL(f) – затухание отражения (возвратные потери)
	Zc(f) – импеданс (волновое сопротивление) как Zc=Tp/Cp
	Zc(f) – импеданс по комплексному отражению
	TCL(f) – затухание асимметрии на ближнем конце
	EL_TCTL(f) – защищенность от затух. асимметрии на дальн.конце
	NEXT(f) – переходн.затухание на ближн.конце для комбинаций пар
	PS_NEXT(f) – переходн. затухание сумм. мощн. влияния на бл.конце
	EL_FEXT(f) – защищен. от переход. помех на дальн.конце
	PS_EL_FEXT(f) – сум.мощность переход. влияний на дальнем конце
	TDR_RLw(x) – структурные возвратные потери (рефлектометр)
Изо-	Rins – сопротивление изоляции, приведенное к 20 °C
	Utest – испытательное напряжение до 1000 В



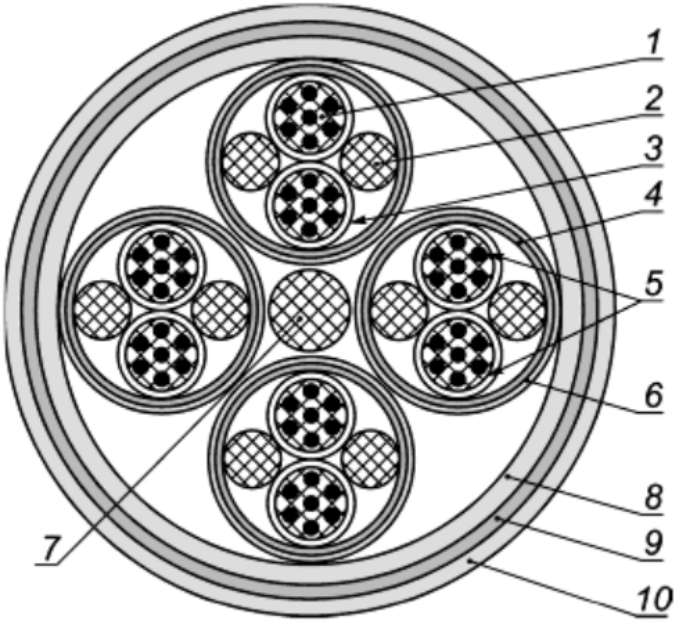
Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

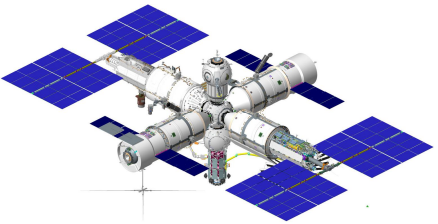
Испытания кабельных сборок SpaceWire

Испытания кабелей SpaceWire

Структурная близость LAN-кабелей и SpaceWire-кабелей



Конструкция SpaceWire-кабелей соответствует LAN-кабелям категорий 7 или 7A (1…600 или 1…1000 МГц), что корреспондируется с диапазоном SpaceWire-скоростей 5…2500 Мбит/с.



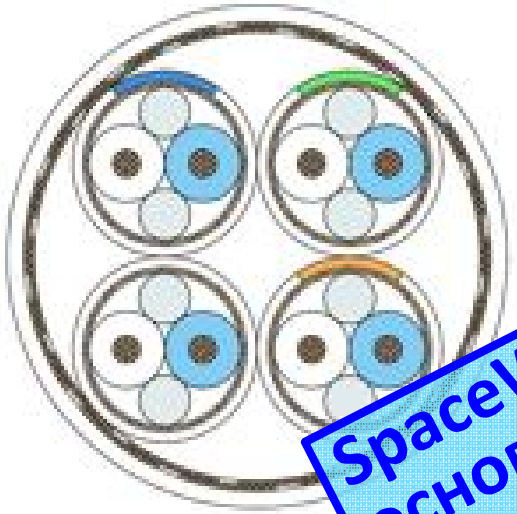
Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

ДКЗ ДУБНЕНСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

https://dkz.su

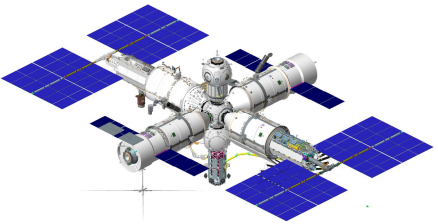
Марки: КЭО 4хБСФЭО4-100, КЭО 4хБСФЭ4-100, КЭО 4хБСФЭО3-100, КЭ 4хБСФЭО3-100



Маркоразмер кабеля	Коэф. затухания f=600 МГц, дБ/м	
	по ТУ	факт
КЭ 4хБСФЭО3-100 2х0,08	4,65	3,99
КЭО 4хБСФЭО3-100 2х0,08	4,65	3,45
КЭО 4хБСФЭО4-100 2х0,08	1,20	1,19
КЭО 4хБСФЭ4-100 2х0,08	1,50	1,41

SpaceWire-кабель: основной параметр – затухание

Рабочая температура	от минус 196 до 200 °С
Безотказность при 200 °С	не менее 15000 ч
Рабочая частота	до 600 МГц
Волновое сопротивление	от 90 до 110 Ом



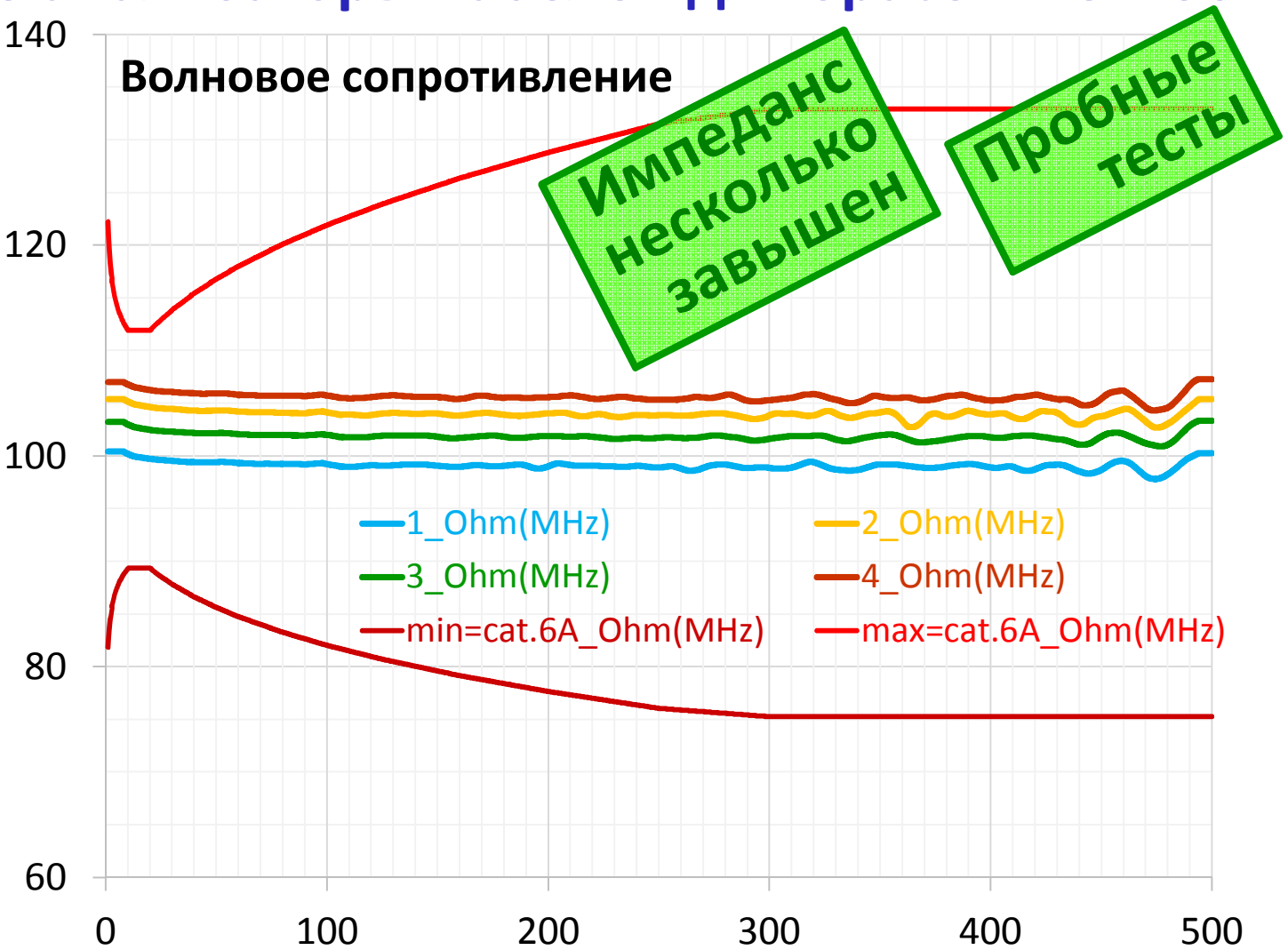
Навигация и связь 2024.

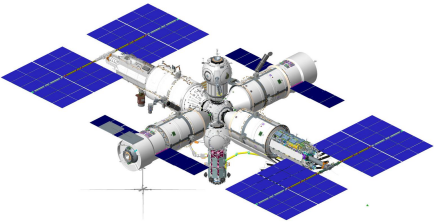
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

ДКЗ ДУБНЕНСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

https://dkz.su

Расширенный контроль SpaceWire-кабелей





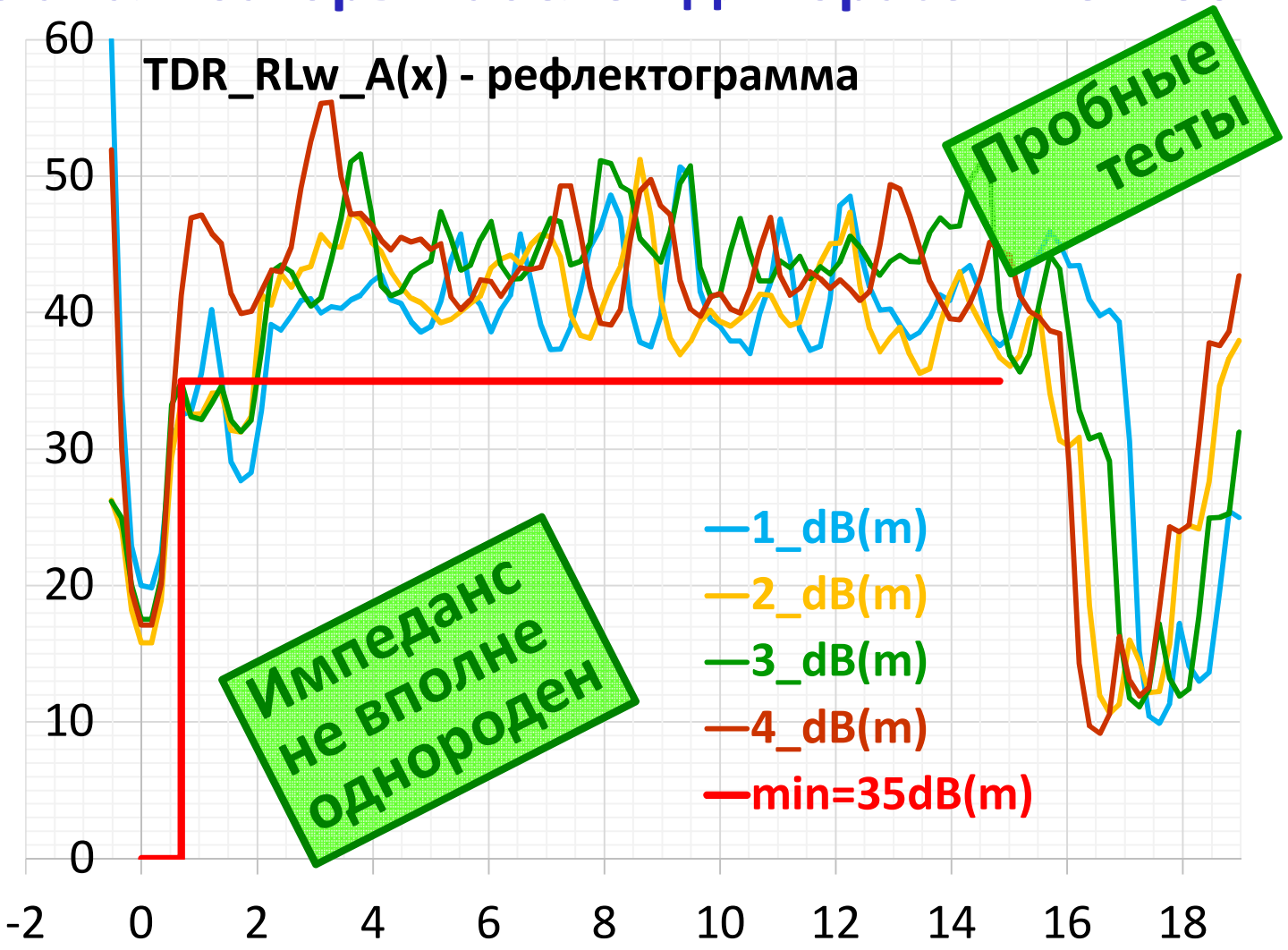
Навигация и связь 2024.

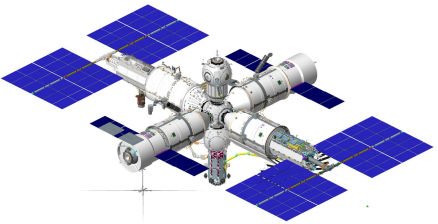
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

ДКЗ ДУБНЕНСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

https://dkz.su

Расширенный контроль SpaceWire-кабелей





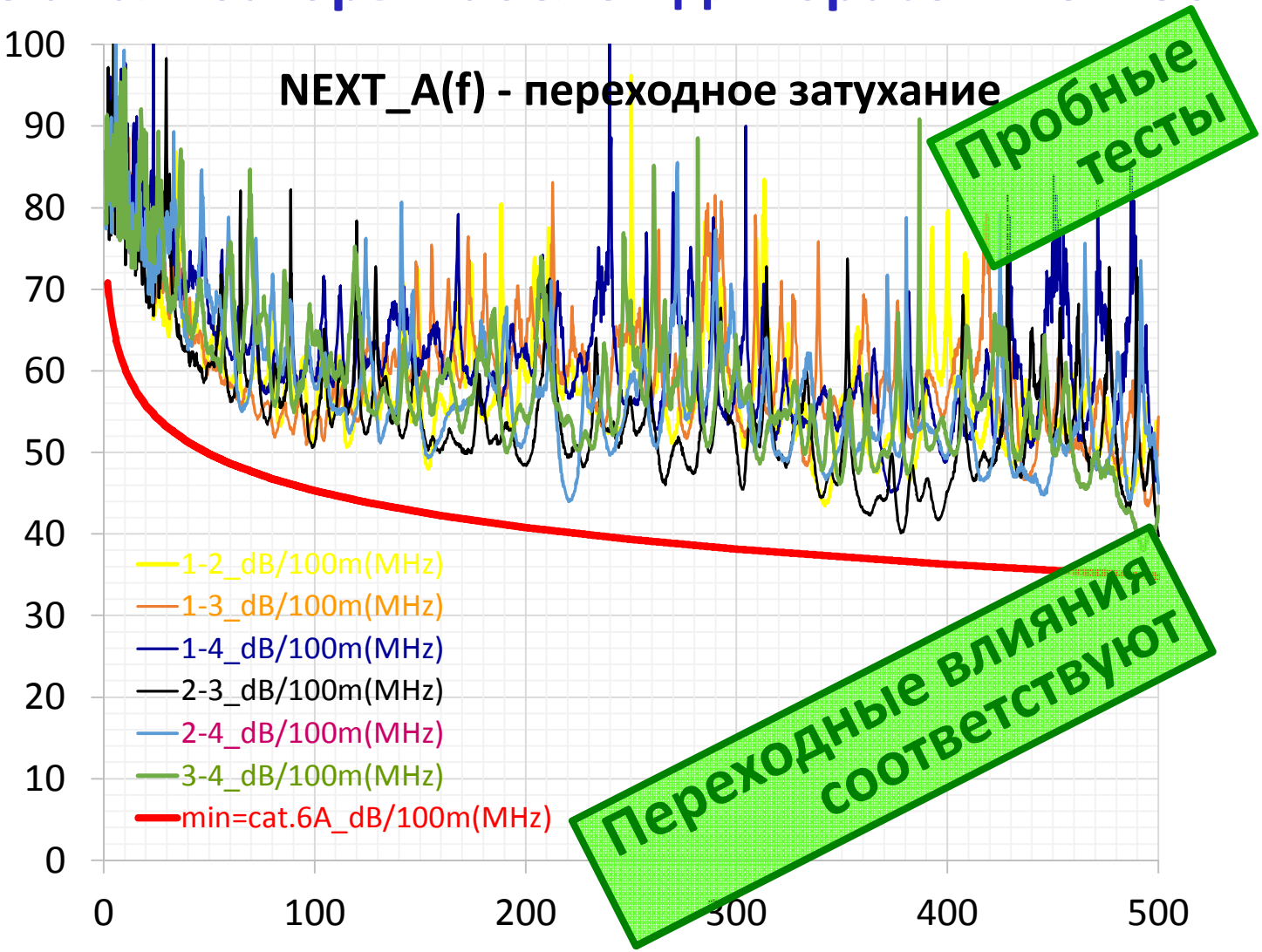
Навигация и связь 2024.

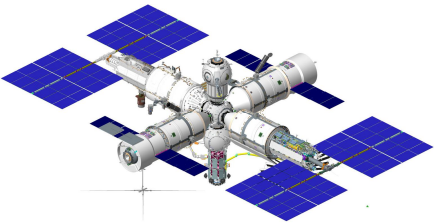
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

ДКЗ ДУБНЕНСКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

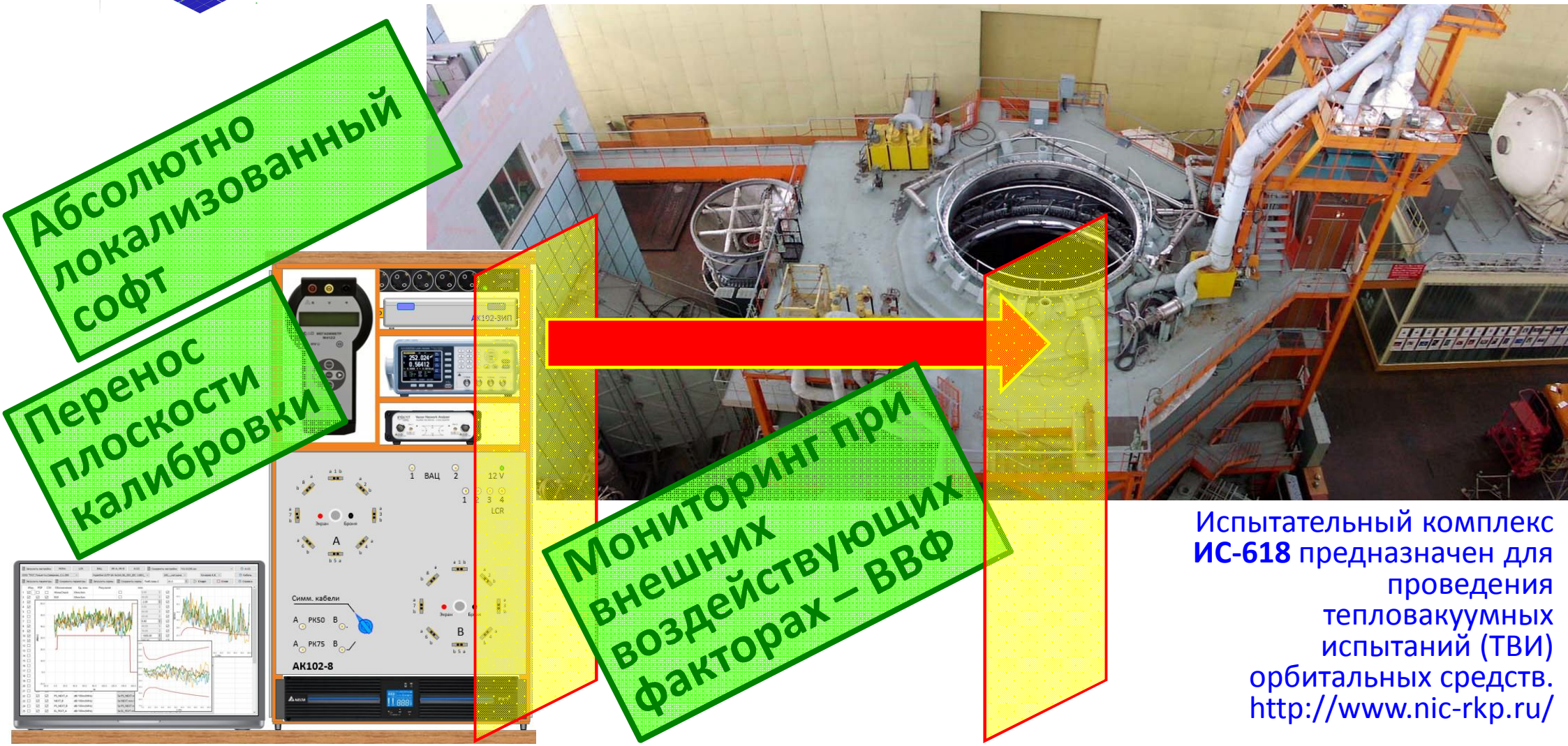
https://dkz.su

Расширенный контроль SpaceWire-кабелей

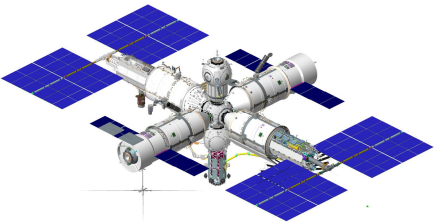




Навигация и связь 2024.
Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS



Испытательный комплекс **ИС-618** предназначен для проведения тепловакуумных испытаний (ТВИ) орбитальных средств.
http://www.nic-rkp.ru/



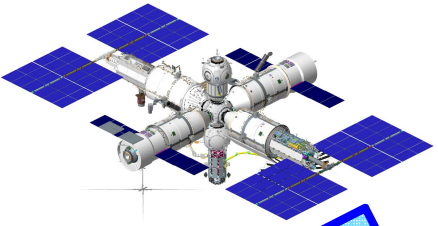
Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

SpaceWire-RUS-стандарт требует обеспечения функционирования в т.ч. в диапазоне температур -200...+180 °C.

Для этого следует обеспечить соответствие произведенных SpaceWire-кабелей сформулированным требованиям к их электрическим SpaceWire-параметрам.
Следовательно, нужно обеспечить собственно контроль.
При таком контроле анализатор кабелей и образец кабеля непременно будут удалены друг от друга.
При этом между панелью анализатора и образцом кабеля неизбежно включается соединительная ВСТАВКА.
характеристики которой должны быть компенсированы.

Анализаторы АК102-Х располагают полностью локализованным ПО, что обеспечивает в т.ч. такой перенос плоскости калибровки, при котором характеристики соединительной ВСТАВКИ исключаются из результатов еще до измерений.



Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS

Есть ГОСТ Р SpaceWire

Есть отработанные российские анализаторы

Есть полностью локализованные методики калибровки

Обеспечен контроль кабелей и кабельных сборок

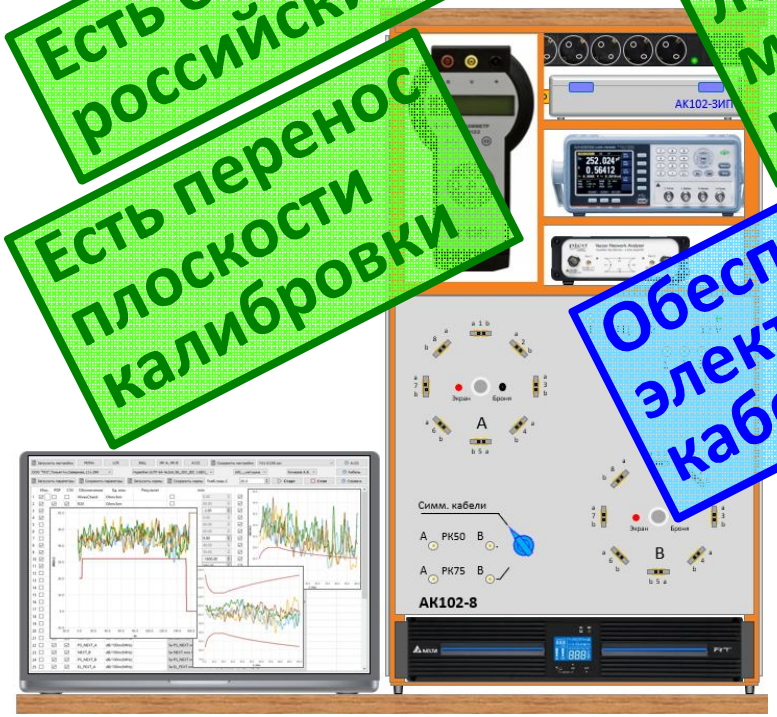
Есть перенос плоскости калибровки

Обеспечен контроль электрич. параметров кабелей по ТУ

Обеспечен корректный контроль в ходе ВВФ при значительном удалении анализатора от контролируемого кабеля

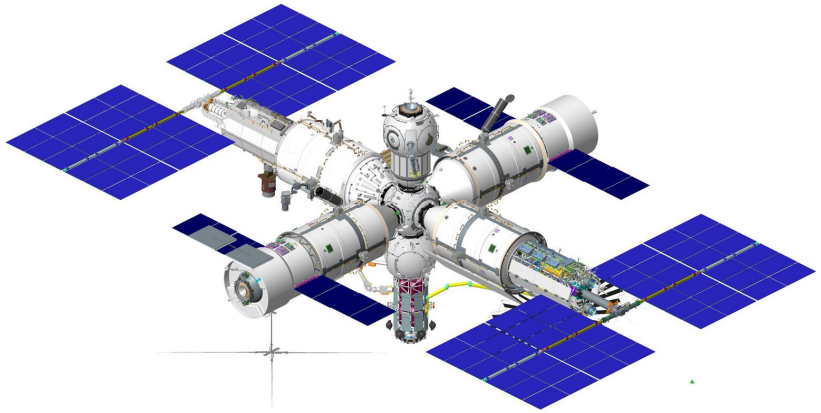
Приборы внесены в Госреестр СИ РФ

Есть импорто-замещение

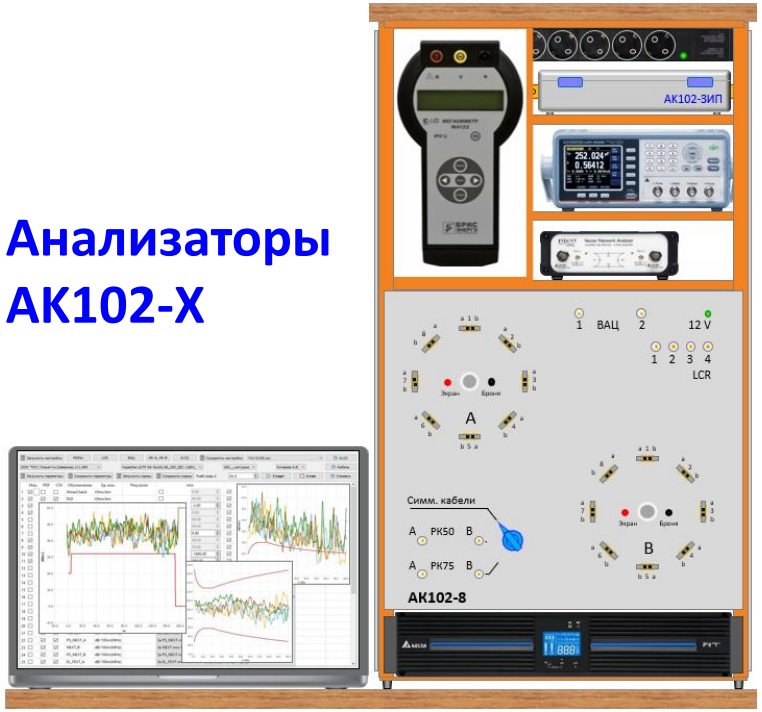


Навигация и связь 2024.

Российские анализаторы кабелей для SpaceWire-RUS



Анализаторы АК102-Х



ИП Кочеров Андрей Владимирович, к.т.н.
+7 916 743 06 12
Andrey.Kocherov@Yandex.Ru
https://andreykocherov.wixsite.com/cable-met