

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: mathmod.esrae.ru/39-150

Ссылка для цитирования этой статьи:

Изнаиров И.А., Сидорова М.А., Ефремов М.В., Барулина М.А., Губанов В.А. К вопросу использования систем на волоконно-оптических гироскопах в условиях ионизирующего излучения // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2022. №3

УДК 532.517.2:539.3

DOI: 10.24412/2541-9269-2022-3-33-37

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ НА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ГИРОСКОПАХ В УСЛОВИЯХ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Изнаиров И.А.¹, Сидорова М.А.¹, Ефремов М.В.¹,
Барулина М.А.², Губанов В.А.¹

¹НПП Антарес, Россия, Саратов, mail@npp-antares.ru

²Институт проблем точной механики и управления РАН, Россия, Саратов,
barulina@iptmuran.ru

ON THE QUESTION OF THE USE OF SYSTEMS ON FIBER-OPTIC GYROSCOPES IN CONDITIONS OF IONIZING RADIATION

Iznairov I.A.¹, Sidorova M.A.¹, Efremov M.V.¹,
Barulina M.A.², Gubanov V.A.¹

¹Research and Production Enterprise Antares, Russia, Saratov, mail@npp-antares.ru

²Precision Mechanics and Control Institute RAS, Russia, Saratov,
barulina@iptmuran.ru

Аннотация. В работе дано краткое описание опыта ООО НПП «АНТАРЕС» в разработке и использовании систем на волоконно-оптических гироскопах в летательных аппаратах, эксплуатирующихся в космическом пространстве в условиях ионизирующего излучения. Был проведен ряд натурных экспериментов, которые показали расхождение в прогнозах по изменению свойств оптического волокна, которые дает теория, и результатах, которые получаются на практике. По результатам работы был сделан вывод о необходимости пересмотра теоретических аспектов, по которым оценивается радиационная стойкость волокна в гироскопах.

Ключевые слова: волоконно-оптический гироскоп, ионизирующее излучение, радиационная стойкость

Abstract. The paper gives a brief description of the experience of NPP Antares in the development and use of systems based on fiber-optic gyroscopes in aircraft operating in outer space under conditions of ionizing radiation. A number of full-scale experiments were carried out, which showed a discrepancy in the predictions for the change in the properties of an optical fiber, which gives the theory, and the results that are obtained in practice. As a result of the work, it was concluded that it is necessary to revise the theoretical aspects by which the radiation resistance of

the fiber in gyroscopes is estimated

Keywords: fiber optic gyroscope, ionizing radiation, radiation resistance

В настоящее время волоконно-оптические гироскопы (ВОГ) широко используются в системах управления движением космических аппаратов (СУД КА). В Российской Федерации разработкой ВОГ для космических применений и производством приборов на их основе занимаются ООО НПП «АНТАРЕС» (совместно с ЗАО «Физоптика»), ООО НПК «Оптолинк», НИИ ПМ им. академика В.И. Кузнецова, АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» (ПНППК), НПО ИТ, ФГУП «НПЦ АП им. академика Н.А.Пилюгина» и др..

Одним из лидеров по количеству применений ВОГ в СУД КА различного назначения является ООО НПП «АНТАРЕС». В период с 2005 г. по настоящее время на различных КА гражданского и двойного назначения («Ресурс-ДК», «Ресурс-П», «МКА-ФКИ», «Метеор-М» и др.) успешно эксплуатировалось 29 различных приборов разработки и производства ООО НПП «АНТАРЕС» или, в пересчете на измерительные оси, 94 ВОГ. Для сравнения, у европейского лидера в области волоконной гироскопии – компании IXSEA (Франция), входящей в европейский консорциум AIRBUS, по состоянию на январь 2022 г. в эксплуатации находилось 27 спутников и 104 ВОГ [1].

Используя опыт, накопленный ООО НПП «АНТАРЕС» за более чем двадцать лет разработки, производства и эксплуатации ВОГ, а также результаты анализа существующих трендов в создании приборов на основе ВОГ, можно сформулировать следующие перспективные задачи, стоящие перед современной волоконной гироскопией космического применения:

- повышение надежности ВОГ до уровня практической безотказности за назначенный срок активного существования (САС);
- минимизация массо-габаритных характеристик и энергопотребления до уровней, обеспечивающих конкурентоспособность ВОГ при использовании в малых космических аппаратах;
- обеспечение стойкости к накопленной дозе ионизирующего излучения космического пространства (ИИКП), соответствующей интенсивности и составу ИИ на целевых орбитах функционирования КА.

Необходимость минимизации массо-габаритных характеристик и энергопотребления является общемировым трендом. Появление технологий цифровой обработки сигналов, микромеханических систем, а также программируемых систем с низким энергопотреблением, привело к уменьшению размеров и энергопотребления электронных устройств, а за ними и спутников. Об этом можно судить даже по тому, что фирма IXBLUE, специализирующаяся на производстве высокоточных ВОГ, приступила к разработке трехосевого компактного прибора Astrix NS [2] с планируемым окончанием разработки в 2024 г.

ООО НПП «АНТАРЕС» также стремится к миниатюризации приборов и в

свою очередь были разработаны и выпущены такие приборы, как БИУС-РМ, ИПД ВО, ИПД-ВО-3, массо-габаритные характеристики которых приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Массо-габаритные характеристики БИУС-РМ, ИПД ВО, ИПД ВО-3 производства ООО НПП «АНТАРЕС» Россия

 <p>БИУС-РМ</p>	Габариты 138x142x86 мм, Масса 1,2 кг. Потребляемая мощность (max) 10 Вт.
 <p>ИПД ВО</p>	Габариты 170x170x103 мм, Масса 1,9 кг. Потребляемая мощность (max) 10 Вт.
 <p>ИПД ВО-3</p>	Габариты 139x139x60 мм, Масса 1,1 кг. Потребляемая мощность (max) 5,2 Вт. 3 ВОГ, 3 кварцевых акселерометра

Уменьшение массо-габаритных характеристик приборов привело к актуализации вопроса по обеспечению стойкости ВОГ к накопленной дозе ионизирующего излучения космического пространства (ИИКП).

Радиационные условия эксплуатации ВОГ весьма разнообразны, и накопленные дозы могут различаться на несколько порядков в зависимости от высоты орбиты и толщины защиты [3,4]. Для типовой для большинства КА массовой защиты 3 г/см² можно условно выделить три диапазона высот - примерно до 1000 км, от 1000 до 5000 км, и свыше 5000 км. И при этом первый и третий диапазон можно будет назвать зонами с низкоинтенсивным ИИКП.

Стойкость ВОГ к ИИКП долгое время считалась недостаточной для его использования в космосе из-за образования так называемых наведенных оптических потерь (НОП) в волоконно-оптических элементах ВОГ, вызванных воздействием на них ИИКП. Такое мнение сформировалось в результате анализа различных опубликованных экспериментальных данных, которые свидетельствовали о высокой чувствительности волновых световодов к воздействию ИИ.

К примеру, сотрудниками Института общей физики Академии наук СССР в начале 90-х годов были проведены наземные эксперименты и были получены такие данные – ощутимые НОП возникают при поглощенной дозе в 1 крад, а при дозе в 10 крад потери достигают 50 дБ/км, что является критичным для волокна.

Но в орбитальном полете суммарная поглощенная доза ИИ может достигать 10 крад в зависимости от параметров орбиты и массовой защиты, но при этом она будет накапливаться около 10 лет при мощности облучения на 5 порядков меньшей, а это не может не сказаться на механизме образования НОП.

В подтверждение сказанного нами были проведены натурные эксперименты. В 2005 г. был запущен КА «Ресурс-ДК», на котором проводились испытания на подтверждение работоспособности ВОГ в условиях длительного воздействия факторов космического пространства, включая НОП. Для изучения проблемы влияния НОП контролировался ток потребления источника излучения каждого ВОГ (рис.1). По изменению тока можно судить о наличии и интенсивности НОП, так как наличие НОП должно приводить к росту тока потребления за счет работы встроенной системы компенсации оптических потерь.

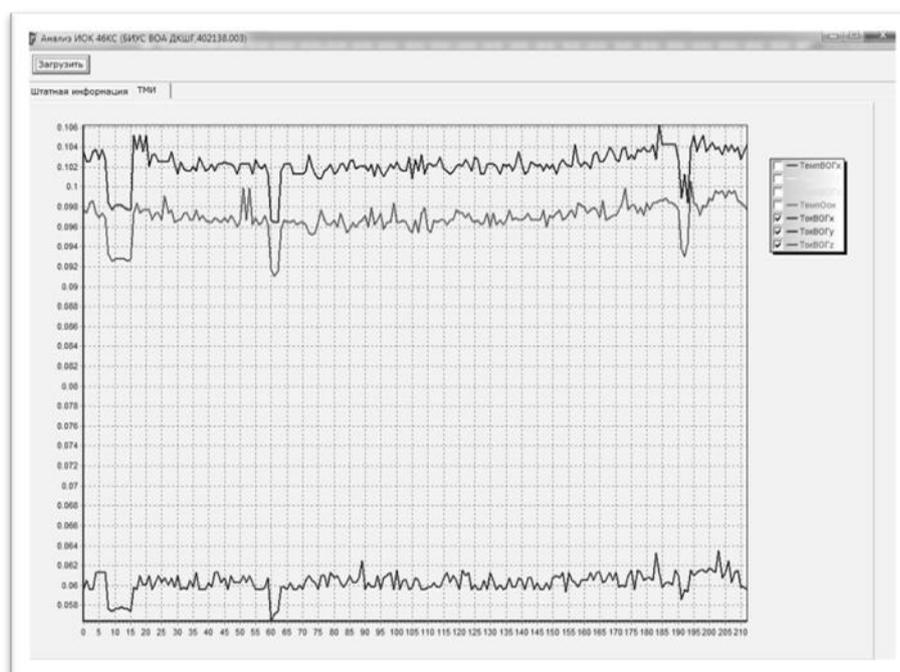


Рис. 1. Ток потребления ВОГ БИУС ВОА

Как видно из рис.1, за 6 лет испытаний не было значительного увеличения тока потребления, что свидетельствует о том, что НОП или отсутствовали, или их уровень был достаточно мал.

Заключение

В результате более чем 6 лет испытаний не было установлено значительного увеличения тока потребления, что позволяет говорить об отсутствии радиационного повреждения волоконного контура. Таким образом, мы наблюдаем сильное расхождение теоретических и практических результатов, что приводит к необходимости пересмотра тех теоретических методов и положений, по которым оценивается радиационная стойкость ВОГ и его волокна в частности.

Литература

1. <https://www.ixblue.com>
2. <https://www.ixblue.com/ixblue-officially-presents-astrix-ns-performances-at-ass-gnc-conference/>
3. Райкунов Г.Г. Ионизирующие излучения космического пространства и их воздействие на бортовую аппаратуру космических аппаратов. Москва Физматлит, 2013. С.72-75
4. Кузнецов Н.В. Радиационные условия на орбитах космических аппаратов. Сборник: Модель космоса Том: 1 / Под ред. М.И. Панасюка, 2007. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/cosm>.