

НИР " Разработка промышленной технологии производства универсальных кабелей на основе разработки перспективных типов оптических волокон для создания ВВСТ ", сроки с 12.2012 по 03.2016, заказчик: Департамент судостроительной промышленности и морской техники Минпромторг России

Целью проекта является разработка промышленной технологии производства перспективных типов оптических волокон(ПТОВ), обладающих повышенной радиационной стойкостью, повышенными волноводными свойствами, повышенными прочностными характеристиками с целью разработки универсальных оптических кабелей для создания новых образцов ВВСТ.

Проблемы, решаемые в ходе НИР:

- повышение радиационной стойкости световодов в сочетании с малыми изгибными потерями для волоконно-оптических систем передачи информации и сенсорных систем;
- разработка микроструктурированных световодов с малыми потерями на ослабление для лазерных гироскопов III поколения и для сверхмощных генераторов суперконтинуума.

Исполнители работы:

- МГТУ им. Н. Э. Баумана
- Научный центр волоконной оптики РАН
- Всероссийский НИИ кабельной промышленности
- ООО «ПТК Связьинжиниринг»

Достиженные результаты при разработке радиационно стойких ПТОВ.

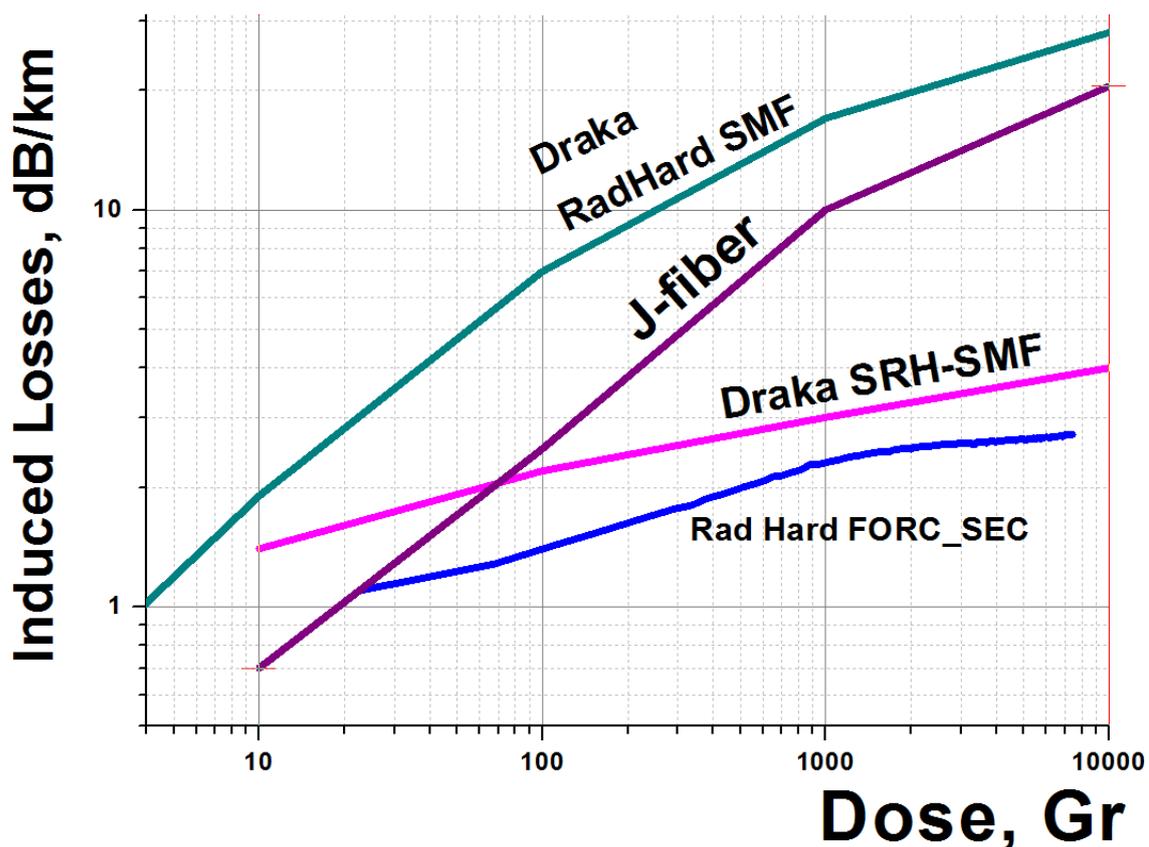


Рисунок 1. Образцы радиационно стойких световодов «RadHard SMF» и Draka SRH-SMF фирмы «Драка» (Голландия) и J-Fiber, в сравнении с разработанным в ходе проекта волокном Rad Hard FORC_SEC.

В ходе проекта достигнуто устойчивость к ионизирующему излучению в 2-3 раза большее по сравнению с существующими аналогами (см. рисунок 1). Основные свойства радиационно-стойкого ПТОВ приведены в таблице 1.

Таблица 1. Свойства радиационно-стойкого оптического волокна

п./п.	Характеристика	Значение
<i>Конструкция поперечного сечения волокна</i>		
1.1	Диаметр внешней оболочки, мкм	~ 125
1.2	Диаметр защитного покрытия, мкм	240-250
<i>Оптические свойства</i>		
2.1	Рабочие длины волн, мкм	1,31 или 1,55 ^{в)}
2.2	Длина волны отсечки первой высшей моды при рабочей длине волны 1,31 мкм, мкм	~ 1,26
2.3	Длина волны отсечки первой высшей моды при рабочей длине волны 1,55 мкм, мкм	~ 1,50

2.4	Начальные оптические потери на рабочей длине волны, дБ/км		< 0,5
2.5	Максимум полосы поглощения гидроксила в спектре оптических потерь, мкм		~ 1,38
2.6	Амплитуда полосы поглощения гидроксила, дБ/км		< 5
<i>Радиационная стойкость</i>			
<i>3.1. Контрольный тест № 1</i>			
3.1.1	Тип облучения		гамма-облучение от источника ^{60}Co
3.1.2	Температура облучения, °С		~ 25
3.1.3	Мощность дозы, Гр/с		0,75
3.1.4	Радиационно-наведенные оптические потери на рабочей длине волны 1,31 мкм, дБ/км	1 кГр	< 4,5
3.1.5		3 кГр	~ 5,0
3.1.6		10 кГр	~ 5,5
3.1.7		через 30 мин. релаксации после дозы 8.1 кГр	< 2,5
<i>Контрольный тест № 2</i>			
3.2.1	Тип облучения		гамма-облучение от источника ^{60}Co
3.2.2	Температура облучения, °С		~ 25
3.2.3	Мощность дозы, Гр/с		0,75
3.2.4	Доза, МГр		1,3
3.2.5	Временной промежуток между облучением и измерением оптических потерь, сутки		6
3.2.6	Полные оптические потери, дБ/км	$\lambda=1,31$ мкм	~ 11
3.2.7		$\lambda=1,55$ мкм	~ 17
<i>4. Изгибная чувствительность</i>			
4.1	Радиус стержня при испытании изгибной чувствительности, мм		25
4.2	Количество витков волокна на стержне		100
4.3	Изгибные потери на рабочей длине, дБ		≤ 0.05
<i>5. Механическая прочность</i>			
5.1	Прочность на разрыв, Н		~ 7.2

5.2	Прочность на разрыв, ГПа	~ 5,5
5.3	Кратковременный радиус изгиба, мм	~ 1
5.4	Усилие при перемотке под нагрузкой, Н	~ 5

Достигнутые результаты в разработке микро-структурированных волокон.

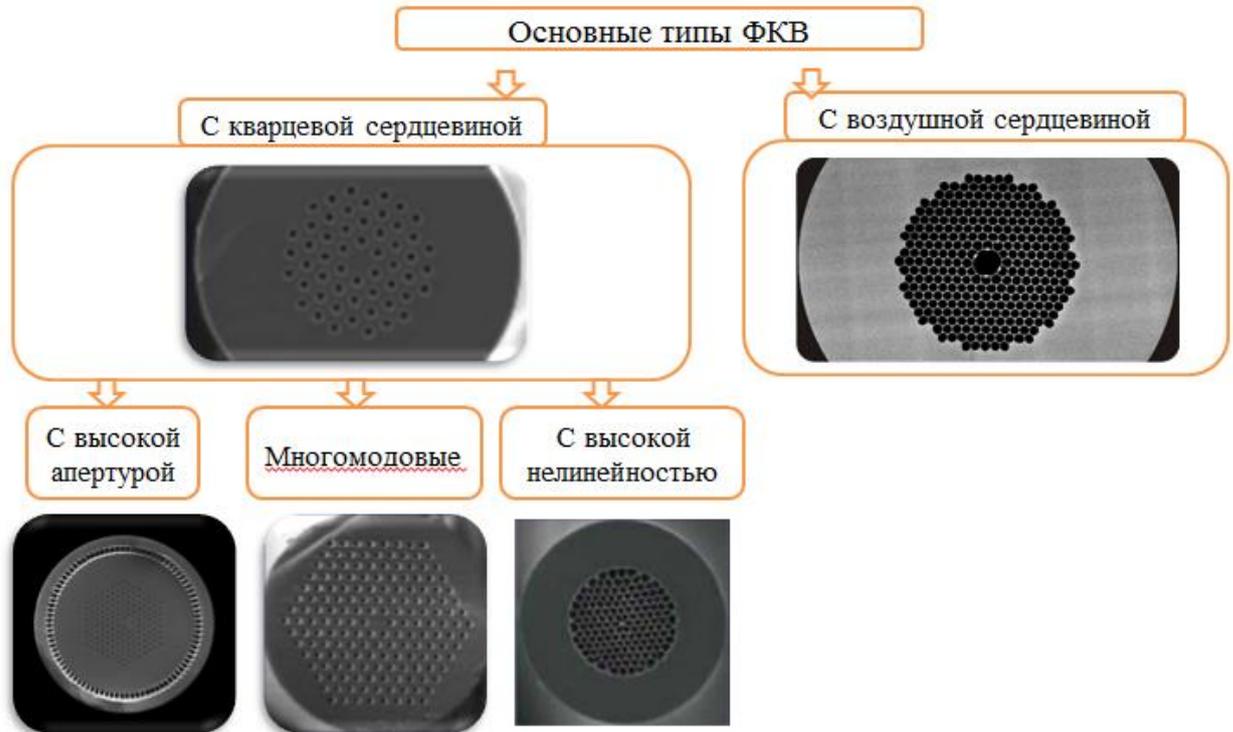


Рисунок 2. Основные типы разработанных микроструктурированных и фотонно-кристаллических волокон.

В ходе работы над НИР разработано семейство новых микроструктурированных и фотонно-кристаллических волокон, исследованы их основные свойства. Основные типы разработанных фотонно-кристаллических волокон приведена на Рисунке 2.

В ходе проекта разработан испытательный стенд для контроля основных параметров микроструктурированных и фотонно-кристаллических волокон, его фотография приведена на рисунке 3.

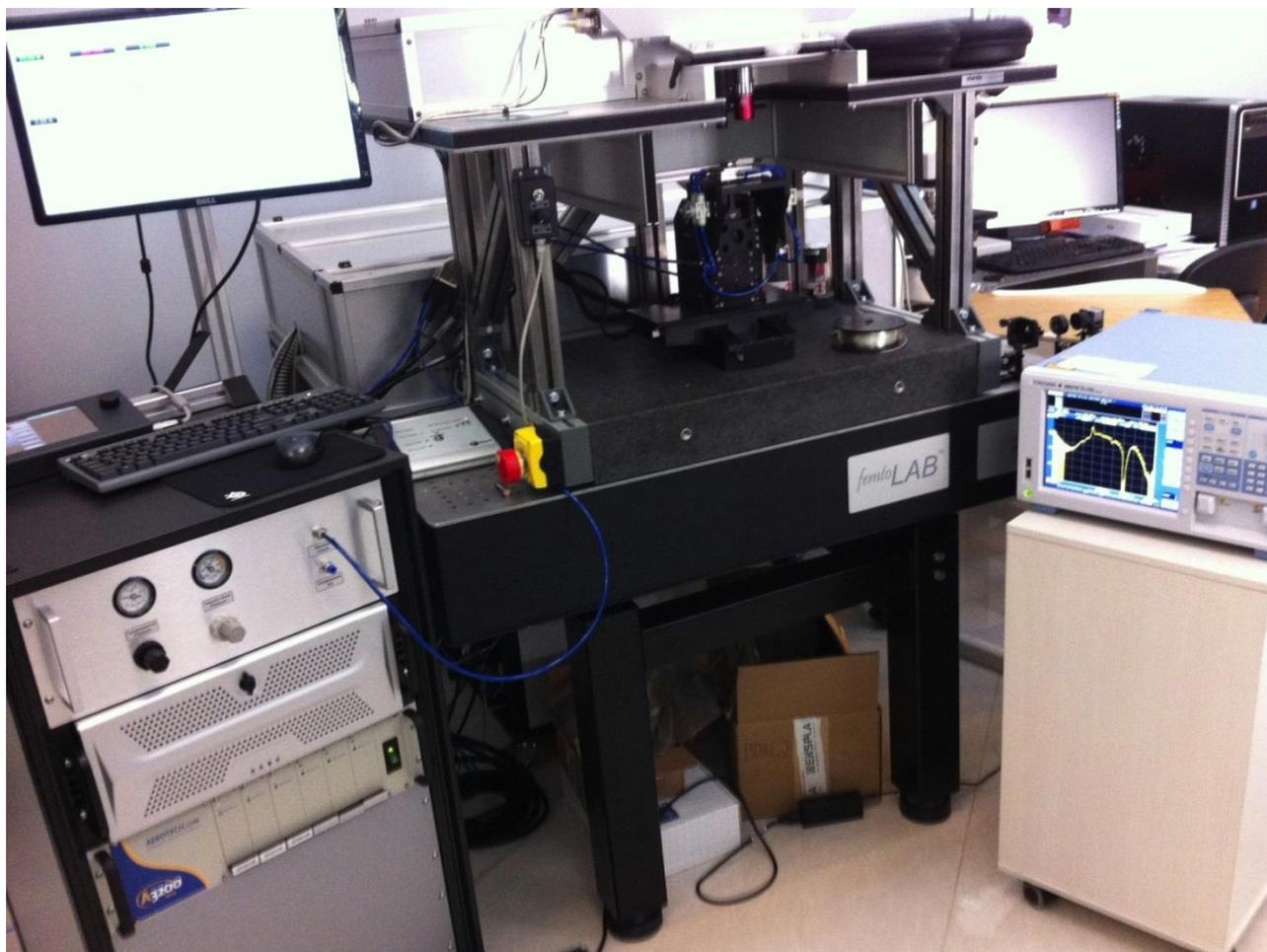


Рисунок 3. Испытательный стенд.

В процессе выполнения НИР проведены исследования суперконтинуума в фотонно-кристаллических волокнах и исследованы их основные параметры. Фотография установки с основными результатами испытаний приведены на рисунке 4.

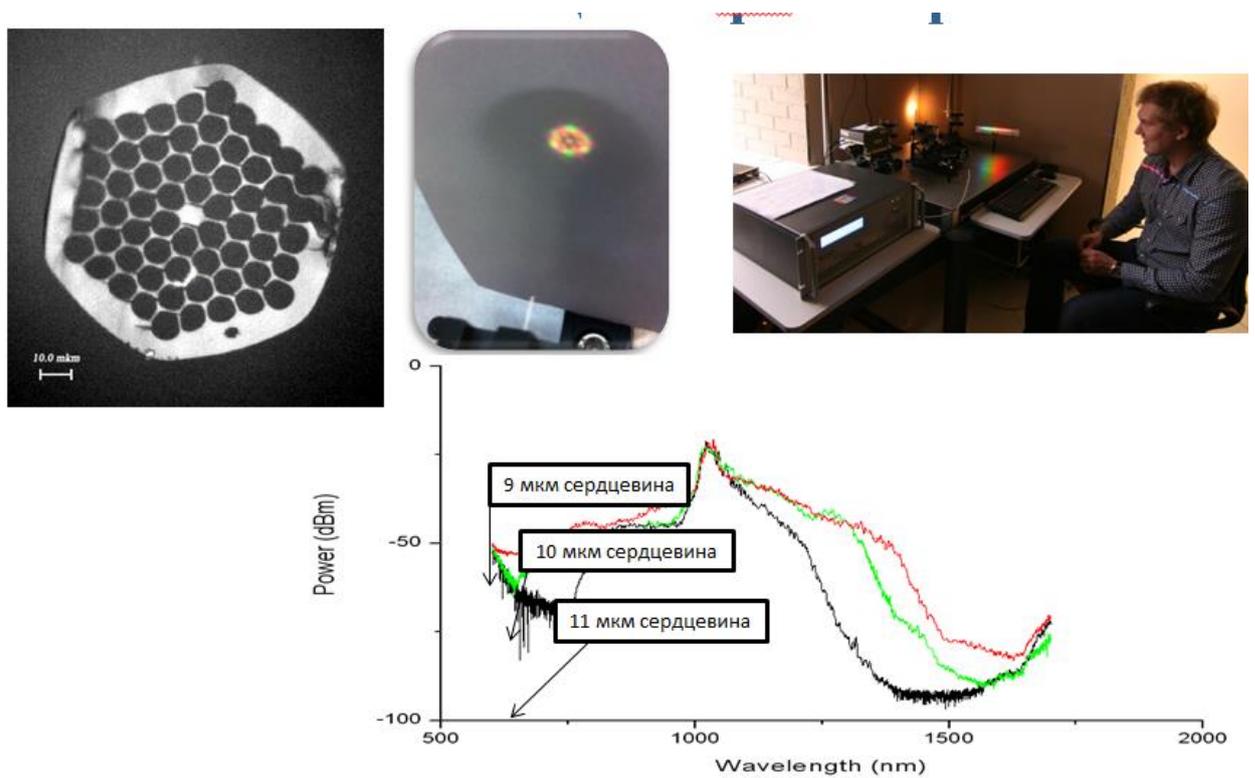


Рисунок 4. Исследование процесса генерации суперконтинуума в фотонно-кристаллическом волокне.

Полученные в ходе испытаний основные свойства микроструктурированных и фотонно-кристаллических волокон приведены в таблице 2 и таблице 3.

Таблица 2. Свойства микроструктурированного оптического волокна

п./п.	Характеристика	Значение
1	Диаметр сердцевины, мкм	~ 5,5
2	Диаметр оболочки, мкм	~ 125
3	Диаметр полимерного покрытия, мкм	~245
4	Оптические потери на длине волны:	
5	800 нм, дБ/км	28
6	1060 нм, дБ/км	15
7	1550 нм, дБ/км	14
8	Длина волны нулевой дисперсии, нм	~1070
9	Контрольный тест - перемотка под нагрузкой, Н	5

Таблица 3. Свойства фотонно-кристаллического оптического волокна

п./п.	Характеристика	Значение
1	Диаметр сердцевины, мкм	~ 2,7
2	Диаметр оболочки, мкм	~ 125
3	Диаметр полимерного покрытия, мкм	~245
4	Оптические потери на длине волны:	
5	800 нм, дБ/км	30
6	1060 нм, дБ/км	19
7	1550 нм, дБ/км	17
8	Длина волны нулевой дисперсии, нм	~850
9	Контрольный тест - перемотка под нагрузкой, Н	5

Список опубликованных работ в открытой печати по теме НИР «Кабель»:

1. Kashaykin, P.F., Tomashuk, A.L., Salgansky, M.Y., Abramov, A.N., Nishchev, K.N., Guryanov, A.N., Dianov, E.M. "Radiation-Induced Attenuation in Silica Optical Fibers Fabricated in High O₂", *Excess Conditions (2015) Journal of Lightwave Technology*, 33 (9), art. no. 7024900, pp. 1788-1793.
2. Tomashuk, A.L., Salgansky, M.Y., Kashaykin, P.F., Khopin, V.F., Sultangulova, A.I., Nishchev, K.N., Borisovsky, S.E., Guryanov, A.N., Dianov, E.M. "Enhanced radiation resistance of silica optical fibers fabricated in high O₂ excess conditions", (2014) *Journal of Lightwave Technology*, 32 (2), art. no. 6626588, pp. 213-219.
3. Pasishnik, A.S., Leonov, S.O. "Nonlinear picosecond pulse transformation in large-core microstructured fibers", (2014) *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 9136, art. no. 91361F
4. Stanislav O Leonov, Vladimir A Lazarev, Mikhail K Tarabrin, Dmitriy A Dvoretzkiy, Alexandra S Pasishnik, Andrey D Pryamikov "Visible supercontinuum generation in large-core photonic crystal fiber with high air-filling fraction", *Journal of Physics: Conference Series* 584 (2015) 012015
5. Stanislav O Leonov, Vladimir A Lazarev, Alina V Borisova, Vladimir V Demidov and Andrey D Pryamikov "Observation of cladding modes spatio-spectral distribution in large mode area photonic crystal fiber", *J. Phys.: Conf. Ser.* 584 012003
6. С. О. Леонов, В. А. Лазарев, Д. А. Дворецкий, С. Н. Боярская, С. Г. Сазонкин «Вопросы создания волоконных источников с повышенной стабильностью мощности и систем измерения параметров фотонно-кристаллических волокон» *Инженерный журнал: науки и инновации* № 9 (21).

8. А.В. Борисова, Т.А. Ишбердина, А.О. Чернуцкий, Я.А. Денисова, К.В. Степанов, А.Б. Пнёв, «Мобильная установка для измерения дисперсии фотонно-кристаллических волокон», Всероссийская научно-техническая конференция “Метрологическое обеспечение фотоники 2015”
9. Рогинский К.А., Карасик В.Е., Леонов С.О., Пнев А.Б., Жирнов А.А., Тарабрин М.К «Устройство для измерения хроматической дисперсии оптических волокон с низкой дисперсией», Патент на полезную модель Рос. Федерация №146317
10. Томашук А. Л., Салганский М. Ю., Кашайкин П. Ф., Хопин В. Ф., Пнев А. Б. , Карасик В. Е., Гурьянов А Н., Дианов Е. М. «Радиационно-стойкий волоконный световод, способ его изготовления и способ повышения радиационной стойкости волоконного световода», Патент на изобретение № 2537523
11. Борцов А. А., Ильин Ю. Б., Карачёв А. А., Пнев А. Б., Карасик В. Е., Барышников Н. В. «Способ изготовления заготовок для волоконных световодов на основе кварцевого стекла, легированного азотом», Патент на изобретение № 2537450