Уникальная научная установка «Аппаратно-программный комплекс оценки основных технических характеристик оборудования беспроводной подводной лазерной связи» (АПК БПЛС)

УНУ «Аппаратно-программный комплекс оценки основных технических характеристик оборудования беспроводной подводной лазерной связи» позволяет проводить широкий спектр научных исследований, в частности, полунатурное испытания перспективного оборудования для беспроводной оптической подводной связи, измерение их основных параметров и характеристик. В отличие от известных методик и соответствующих лабораторий, в данной УНУ имеется возможность создания различных контролируемых параметров такие как соленость воды, мутность и турбулентность с заданными параметрами, что приближает условия выполнения измерений к реальным, однако позволяет задавать и контролировать на протяжении эксперимента параметры и обеспечивает повторяемость выполняемых измерений.

В настоящее время ведется активное освоение гидросферы Земли с применением различных стационарных и подвижных подводных аппаратов. Во многих ситуациях между этими аппаратами необходима беспроводная связь. На сегодня эта задача решается с использованием акустических и радиоволн, как правило, низкочастотного диапазона. Основными недостатками и акустических, и радиотехнических линий являются невысокая скорость передачи информации и большое энергопотребление. Использование в подводных (гидросферных) линиях связи в качестве несущих электромагнитных колебаний оптического диапазона позволяет существенно повысить скорость передачи, снизить энергопотребление при одновременном уменьшении массы и размеров приемно-передающих модулей. Одной из главных сложностей проектирования подводных оптических беспроводных систем в сложности моделирования физико-химических характеристик океанской воды.

Оптоэлектронные и электрооптические преобразователи – ключевые устройства систем беспроводной подводной передачи данных через гидросферу. На рисунке 1 данные устройства обозначены как излучатель и приемник. Данные устройства могут быть основаны на различных схемотехнических решениях и элементной базе. При этом сравнение данных устройств в реальных условиях связано с множеством трудностей. Особенностью исследуемых образцов может быть различное исполнение оборудования для беспроводной подводной лазерной связи. Некоторые

образцы имеют модульную систему исполнения, преобразователи и передатчики/приемники реализованы в виде отдельных модулей. Другие образцы имеют объединенную структуру. Разработанная УНУ позволяет измерять параметры любых модулей для лазерной подводной связи. Разработанная УНУ позволяет производить исследование изготовленных и разрабатываемых устройств в лабораторных условиях без погружения их в гидросферу.

Для примера на рисунке 1 представлена структура исследуемого образца. Исследуемый образец, представленный на рисунке 1, имеет модульное исполнение (излучатель приемник и приёмно-передающий модуль). В данном случае излучатель/приемник исследуются отдельно, а затем совместно с приемно-передающим модулем.

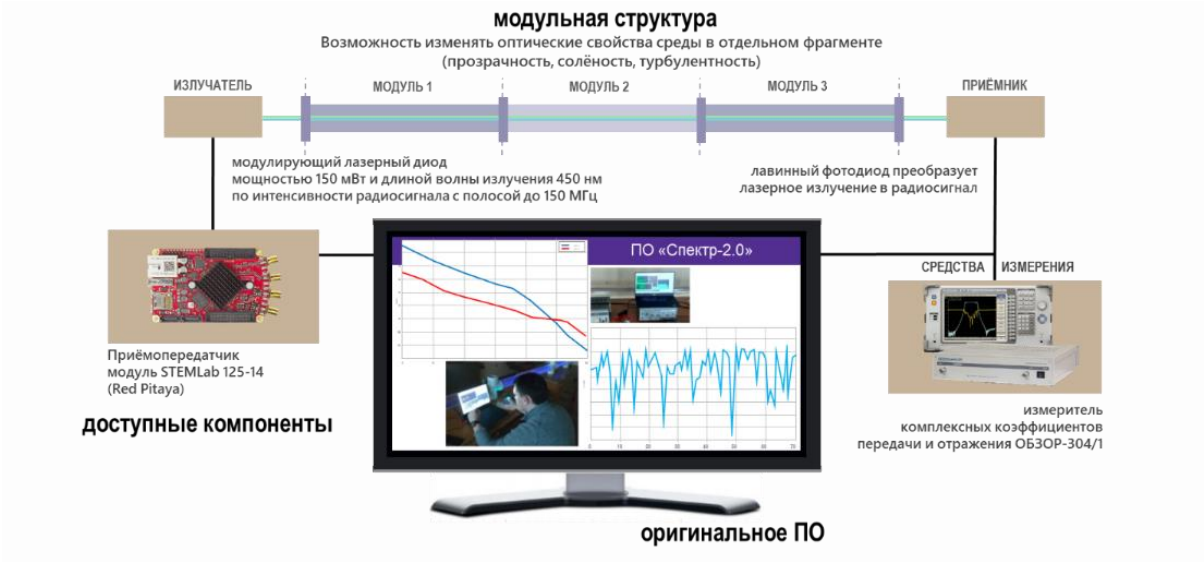


Рис. 1. Структурная схема УНУ.

Только натурные испытания данных устройств по целому набору параметров и характеристик, измеренных по однозначно определенным методикам, позволяет оптимально выбрать подходящую для заданных условий модель.

Аппаратная часть комплекса включает в себя:

- Набор герметичных модулей для создания гидросферы с различными параметрами (соленостью, мутностью и турбулентностью) или одного модуля требуемой длины.

- Комплект светофильтров для имитации затухания сигнала в гидросфере.

- Оптические позиционеры для наведения излучателя и приемника, рисунок 1.

- Вспомогательное оборудование (измерительные приборы для калибровки, ПК для работы с ПО)

Все основные режимы работы УНУ устанавливаются при помощи управляющего ПО. Внешний вид комплекса и его составляющих представлен на рисунке 1.

Программная часть комплекса:

- Обеспечивает автоматизацию и накопление результатов измерений.

- Обеспечивает работу приемно-передающего модуля и управление измерительной аппаратурой.

ПО УНУ работает под ОС Windows.

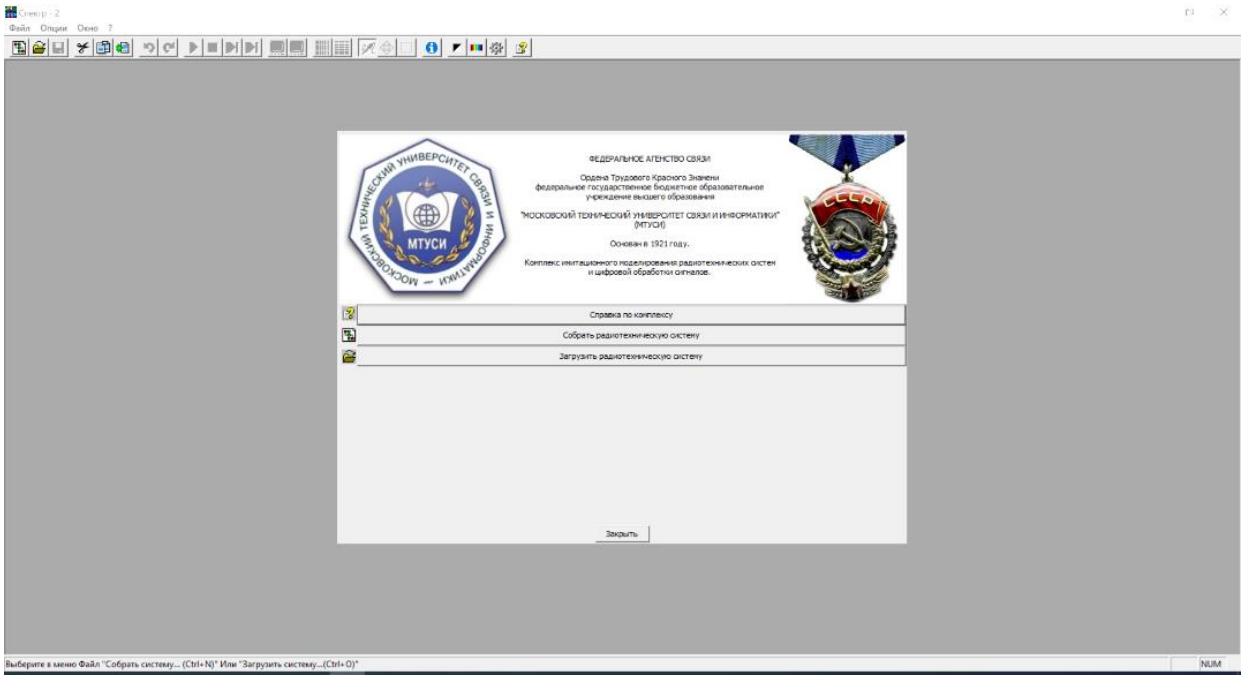


Рис. 2. Окно программы «Спектр - 2»

В настоящее время в области измерения характеристик измерения электрооптических и оптоэлектронных преобразователей, или оборудования в сборе, а также одномодульное оборудования для беспроводной подводной лазерной связи отсутствуют стандарты. Каждый производитель самостоятельно проводит испытания и оценивает основные параметры производимых устройств. УНУ позволяет производить сравнение параметров

оборудования при одинаковых повторяемых параметрах. А разработанная математическая модель позволяет дать рекомендации по достижению требуемых параметров оборудования беспроводной подводной лазерной связи.

Ожидаемый период уникальности установки – 5 лет. При модернизации за счет использования в данном оборудовании системы квантового распределения ключа, нового измерительного оборудования и модернизации системы управления наведением излучателя и приемника, соответствующего доработки ПО для выполнения измерений и управляющего ПО – 10-15 лет.

Решаемые с использованием УНУ масштабные научные задачи

Установка «Аппаратно-программный комплекс оценки основных технических характеристик оборудования беспроводной подводной лазерной связи» позволяет:

а) проводить эксперименты, связанные с всеми видами измерений параметров и характеристик преобразования информационного сигнала в лазерное излучение и модуляцией и кодированием информационных сигналов, преобразованием модулированного лазерного излучения в электрический сигнал, демодулированием декодированием сигнала, а также обработкой сигналов информационного сигнала;

б) осуществлять математическое моделирование перспективных преобразователей электрооптический и оптоэлектронных преобразователей, включая элементную базу, применяемую в преобразователях, моделирование изменения основных параметров гидросферных каналов связи, моделирование новых преобразователей, построенных на новой элементной базе, и т.п.;

в) осуществлять ресурсное испытание оборудования для беспроводной подводной лазерной связи без погружения его в гидросферу и других устройств с аналогичным функционалом;

г) моделировать различные условия изменения параметров гидросферы путем создания требуемой солености и мутности гидросферы с заданными параметрами и характеристиками, а также создание турбулентности с заданными характеристиками.

За время использования УНУ и ее прототипов были выполнены следующие работы, непосредственно связанные с измерением и оценкой

соответствующих параметров оборудования преобразования электрического сигнала в лазерный:

Полученные за последние 4 года с использованием УНУ значимые научные результаты

1. НИР «Анализ путей построения и разработки методики оценки достижимых параметров открытой подводной оптической линии связи» заложены основы создания УНУ и разработана математическая модель гидросферной оптических линий связи. Подготовлен отчет по проделанной работе на 59 с.

2. НИР «Оценка перспектив технического использования гидросферных оптических линий связи» был разработан прототип УНУ и проведено измерение основных параметров и характеристик разработанного в МТУСИ электрооптических и оптоэлектронных модулей для БПЛС. Подготовлен отчет по проделанной работе на 65 с.

3. НИР «Модернизация лабораторного стенда для исследования характеристик беспроводной оптической гидросферной линии связи» было проведено модернизация УНУ и исследования различных способов модуляции информационных сигналов на модулях разработанных в МТУСИ. Подготовлен отчет по проделанной работе на 46 с.

Публикации, связанные с использованием УНУ «АПК БПЛС»

1. N. E. Miroshnikova, G. S. Petruchin and A. V. Sherbakov, "Problems of Underwater Optical Links Modeling," 2019 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), Russia, 2019, pp. 1-9.

doi:10.1109/SYNCHROINFO.2019.8813996

2. Мирошникова Н.Е., Петрухин Г.Д., Щербаков А.А. Проблемы моделирования гидросферных оптических линий связи //

Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2019. Т. 10. № 5. С. 29-39.

3. Shherbakov A.V., Petruhin G.D., Miroshnikova N.E., Titovets P.A. «ESTIMATION OF UNDERWATER OPTICAL COMMUNICATION LINK OPERATING DISTANCE», T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14. № 3. С. 54-60.

4. N. E. Miroshnikova, G. S. Petruchin, A. V. Sherbakov and P. A. Titovec, "A Statistical Model Of The Propagation Of Optical Radiation In The Hydrosphere," 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO), Svetlogorsk, Russia, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/SYNCHROINFO49631.2020.9166104.

5. Н.Е. Мирошникова, П.А. Титовец, В.И. Липаткин, А.Н. Кулешов «Экспериментальные исследования подводного оптического канала связи»- Труды х международная конференция «Фотоника и информационная оптика» (2021) 27-29 января, 2021

6. N. E. Miroshnikova, G. S. Petruchin and P. A. Titovec, "Estimation Of The Effect Of Dispersion On The Communication Range In A Wireless Underwater Optical Channel," 2021 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/SYNCHROINFO51390.2021.9488389

7. Казанцев С.Ю., Мирошникова Н.Е., Титовец П.А., Подгорный А.А. Квантовая подводная связь // В сборнике: Новые технологии высшей школы. Наука, техника, педагогика. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 2021. С. 23-28.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019666912 Российская Федерация. Программа управления и передачи данных с помощью SDR устройств и библиотеки SOAPYSDR.: № 2021662565: заявл. 09.08.2021: опубл. 18.08.2021 / Мирошникова Н.Е., Кандаурова Е.О., Либеровский Н.Ю.; заявитель ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ".

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663566 Российская Федерация. Программа управления и приема данных с помощью SDR устройств и библиотеки SOAPYSDR.: № 2021662607: заявл. 09.08.2021: опубл. 18.08.2021 / Мирошникова Н.Е., Кандаурова Е.О., Либеровский Н.Ю.; заявитель ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ".

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663544 Российская Федерация. Программа для вычисления энергетики беспроводного оптического гидросферного канала связи.: № 2019665711:

заявл. 29.11.2019 : опубл. 17.12.2019 / Мирошникова Н.Е., Щербаков А.В., Петрухин Г.Д.; заявитель ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ".