

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Шелембы Ивана Сергеевича  
«Методы опроса распределенных волоконно-оптических  
измерительных систем и их практическое применение»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 01.04.05 – Оптика.

---

На оппонирование представлены:

- диссертация, 135 стр. с приложением и списком использованных источников, включающим 113 наименований;
- автореферат диссертации объемом 1 п.л.

### **Актуальность темы исследования**

Рецензируемая диссертация посвящена исследованию методов опроса распределенных волоконно-оптических измерительных систем, экспериментальной реализации устройств опроса и анализу результатов их практического применения.

В настоящее время волоконно-оптические датчики активно используются для решения широкого круга научных и практических задач, связанных с измерением физических величин. Особый интерес представляют распределенные волоконно-оптические сенсорные системы, получившие применение в нефтегазовой промышленности, электроэнергетике, промышленности, строительстве и т.д. Однако сдерживающим фактором их массового внедрения является высокая стоимость коммерческих устройств опроса волоконных датчиков.

Таким образом, потребность в разработке эффективных и доступных систем опроса определяет актуальность темы исследования.

### **Оценка структуры и содержания работы**

Диссертационная работа включает в себя введение, три главы, заключение, список используемой литературы и приложение.

Во введении сформулированы актуальность темы исследования, степень проработанности темы, задачи исследования и положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен теоретический обзор методов реализации квази-распределенных сенсорных систем на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР) и распределенных систем на основе основных явлений рассеяния в оптических волокнах: Рэлеевского, комбинационного и рассеяния Манделъштама-Бриллюэна.

Во второй главе рассматривается реализация квази-распределенной сенсорной системы на основе массива ВБР датчиков. Для опроса датчиков предложено использовать перестраиваемый волоконный эрбиевый лазер. Приведен сравнительный анализ схем реализации данного

компонента на основе перестраиваемой ВБР, определены параметры излучения и сделан выбор в пользу схемы с кольцевым резонатором и циркулятором. Для компенсации нелинейности перестроенной кривой ВБР предложено использовать термостабилизированные опорные ВБР и интерферометр Маха-Цандера. Также описана методика опроса ВРБ датчиков на основе оптической рефлектометрии во временной области, приведены теоретические оценки потенциальных возможностей и продемонстрированы результаты экспериментального исследования. Приведены примеры практического применения сенсорной системы на основе ВРБ датчиков для мониторинга температуры турбогенератора и контроля технического состояния сложных инженерных сооружений.

Третья глава посвящена разработке распределенной волоконно-оптической системы контроля температуры на основе комбинационного рассеяния. Предложен метод фильтрации стоксовой и анти-стоксовой компонент на основе направленных ответвителей и ВРБ. Приведены технические характеристики разработанного распределенного датчика температуры и результаты его практического применения для контроля температурного профиля нефтяных скважин, мониторинга сверхпроводящих и высоковольтных кабелей, а также в качестве пожарного извещателя.

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы.

В приложении приводятся акты внедрения результатов диссертационной работы.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность результатов диссертационной работы подтверждена применением известных теоретических положений. Автор корректно использует методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. В ходе выполнения диссертационного исследования изучено и проанализировано достаточное количество работ отечественных и зарубежных научных коллективов, посвященных вопросам разработки и реализации волоконно-оптических сенсорных систем.

### **Достоверность и новизна полученных результатов**

В диссертационной работе получены следующие результаты:

1. Предложена и экспериментально апробирована схема устройства опроса ВРБ-датчиков, реализованная на основе перестраиваемого эрбиевого лазера с перестраиваемой ВБР, и отличающаяся применением интерферометра Маха-Цандера и термостабилизированной опорной ВРБ для повышения точности измерения.

2. Предложен и реализован метод опроса системы ВБР датчиков на основе оптического рефлектометра, отличающийся комплексным использованием временного и спектрального мультиплексирования. Определены области применения данного подхода.

3. Предложена схема опроса распределенного датчика температуры на основе комбинационного рассеяния излучения в оптическом волокне с использованием системы фильтрации стоксовой и антистоксовой компоненты рассеянного излучения спектрально-селективными ответвителями и ВРБ.

Достоверность разработанных методов подтверждается результатами экспериментальной апробации, выполненной с применением сертифицированного измерительного оборудования, а также результатами практического применения.

Основные результаты диссертации опубликованы в 14 печатных работах, включая 11 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, а также в 25 материалах международных и всероссийских конференций и семинаров, зарегистрированы 4 патента на изобретение.

### **Практическая значимость полученных автором результатов**

Практическая значимость диссертационной работы заключается в следующем:

1. Реализована многоканальная система измерения температуры элементов турбогенератора на основе ВБР-датчиков, рассмотрены практические аспекты градуировки датчиков и сделано заключение о адаптируемости предлагаемой измерительной системы к технологии производства крупных электрических машин. Результаты измерений были использованы в дальнейшем для определения важных параметров конструкции турбогенераторов с воздушным охлаждением.

2. Реализована система мониторинга технического состояния несущих конструкций сложных инженерных сооружений на основе ВБР-датчиков, позволяющая обеспечить их безопасное функционирование.

3. Реализован пожарный извещатель на основе распределенного волоконно-оптического датчика температуры.

4. Реализована система мониторинга температуры высоковольтных кабельных линий, а также сверхпроводящего кабеля.

5. Реализована распределенная волоконно-оптическая система термометрии нефтяных скважин, позволяющая снимать температурный профиль при добыче высоковязкой нефти.

## Замечания по диссертационной работе

1. В разделе 2.3, посвященном методике опроса датчиков на основе волоконных-брегговских решеток с использованием оптической временной рефлектометрии, отсутствует информация об оценке долговременной стабильности параметров излучения лазерного диода Фабри-Перо, работающего в импульсном режиме, в частности изменения формы огибающей спектра в результате вариации интенсивности продольных мод, а также дрейф рабочей длины волны.

2. В разделе 2.2. для повышения точности определения длины волны перестраиваемого лазера предлагается использовать интерферометр Маха-Цандера, однако при этом было бы целесообразно указать решения по учету или компенсации дрейфа его рабочей точки.

3. В разделе 3.1, посвященному разработке распределенного датчика температуры на основе комбинационного рассеяния, не указано, каким образом при определении температуры учитывается спектральная зависимость коэффициента затухания, а также как может быть учтена различная чувствительность стоксовой и антистоксовой компонент к изгибам сенсорного оптического волокна.

4. В разделе 3.5 при мониторинге сверхпроводящего кабеля с использованием распределенной волоконно-оптической системы измерения температуры была указана минимальная фиксируемая температура  $80.2 \pm 0.5$  К. Однако в тексте диссертации отсутствует информация о том, каким образом решалась проблема, связанная с резким снижением интенсивности анти-стоксовой компоненты в области низких температур.

5. Замечания по оформлению:

а) На рисунке 2.9 (а) отсутствует обозначение одного из элементов схемы.

б) Таблица 3.2 на стр. 92 приведена в виде иллюстрации с низким разрешением и без перевода, что может вызвать затруднение при прочтении диссертации.

в) В текст диссертационной работы встречаются малоинформативные иллюстрациями, которые без ущерба для содержательной части можно было перенести в приложение (например, рис. 2.14, 2.17, 2.24-2.26, 2.31, 2.32, 3.10, 3.23).

Отмеченные недостатки не снижают практической значимости диссертационной работы и не влияют на общую положительную оценку проведенного исследования.

## Заключение

Диссертация Шелембы Ивана Сергеевича «Методы опроса распределенных волоконно-оптических измерительных систем и их практическое применение» по специальности 01.04.05 - Оптика, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи разработки распределенных сенсорных систем и аспектов их практического применения.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

### Официальный оппонент,

кандидат технических наук, доцент  
кафедры «Линии связи и измерения в  
технике связи, ФГБОУ ВО «Поволжский  
государственный университет  
телекоммуникаций и информатики»

М.В. Дашков  
«05» декабря 2018г.

Дашков Михаил Викторович  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кафедра «Линии связи и измерения в технике связи».  
443090, Россия, г. Самара, Московское шоссе, д. 77. Тел.: +7 (846) 228-00-66,  
E-mail: [mvd.srttc@gmail.com](mailto:mvd.srttc@gmail.com)

Личную подпись к.т.н., доцента Дашкова М.В. заверяю

Проректор по НИ ФГБОУ ВО ПГУТИ,

д.ф.м.н., профессор

« 06 »

12

2018г.



/ О.В. Осипов /