

«УТВЕРЖДАЮ»

Исполняющий обязанности директора,
чл.-корр. РАН

Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт автоматики
и электротехники Сибирского отделения
Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН)

Бабин С.А.

«07» ДЕКАБРЯ 2023г.

ФГБУ «ВНИИМС»	
Вх. №	7446
Дата	19.12.23
Всего листов	6
Осн. документа	6
Приложение	-

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Аймагамбетовой Раушан Жанатовны

«Аппаратно-программный комплекс контроля технического состояния строительных конструкций на основе волоконно-оптических датчиков»,
представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.4.– Приборы и методы измерения (по видам измерений)

Актуальность темы. Постоянный мониторинг технического состояния протяженных технических и природных объектов, в том числе, строительных конструкций, лежит в основе методик обеспечения безопасности эксплуатации искусственных сооружений. Такой мониторинг позволяет выявлять потенциальные угрозы и предотвращать аварии и катастрофы, такие как обрушения сооружений, прорывы трубопроводов, оползни и другие происшествия, которые могут представлять угрозу для людей и окружающей среды. Также оперативный мониторинг позволяет оптимизировать ресурсы и определять сроки, объемы и способы проведения профилактических работ, тем самым снижая затраты на ремонт и обслуживание технических объектов. Разрушение объектов происходит, как правило, внезапно, в результате постепенного накопления напряжений, усталости материалов, и других дефектов, которые носят скрытый характер, малозаметны или же в принципе не обнаруживаются при визуальном наблюдении. Таким образом, разработка средств непрерывного неразрушающего контроля в целях своевременного обнаружения скрытых дефектов протяженных объектов, строительных конструкций, в частности, монолитных железобетонных фундаментов является актуальной задачей.

Содержание работы. Диссертационная работа содержит следующие разделы: введение, четыре главы, выводы по каждой главе, заключение, список литературы, состоящей из 169 источников и приложения. Общий объем диссертационной работы составляет 219 страниц, включает 124 рисунка, 3 таблицы и 5 приложения.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель, задачи, основные научные положения, новизна и практическая значимость работы, а также в концентрированной форме изложена степень разработанности рассматриваемых научных задач.

В первой главе приведены сведения о результатах теоретических и экспериментальных исследований российских и зарубежных учёных. Выполнен анализ современного состояния вопроса и методов контроля технического состояния строительных конструкций. Проведен обзор современных интеллектуальных систем мониторинга целостности протяженных объектов и строительных конструкций на основе волоконно-оптических датчиков: существуют датчики для измерения параметров механических напряжений, деформации, температуры и др.

В второй главе приведены результаты разработки физико-математической модели процесса преобразования внешнего светового сигнала в визуальный сигнал, позволяющий с помощью методов волновой оптики интерпретировать процесс возникновения различного рода дефектов в строительных конструкциях под действием внешних нагрузок. Представлены математические выражения, позволяющие выполнить численный расчет величины интенсивности светового сигнала в деформированной монолитной железобетонной конструкции путем анализа зависимости показателей преломления света от геометрических характеристик материала конструкции, его температуры и условия деформации.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований в лабораторных условиях при установке волоконно-оптических датчиков для контроля деформации (смещения). На основе анализа существующих методов неразрушающего контроля прочности бетонной крепи, предложена система обнаружения дефектов конструкции бетонной крепи при использовании телекоммуникационного одномодового оптического волокна G.652 в качестве чувствительного элемента и сенсора в системе. В основу контроля положены изменения параметров излучения либо увеличение потерь оптического волокна.

В четвертой главе рассмотрены методика контроля технического состояния строительных конструкций и протяженных объектов с применением волоконно-оптических чувствительных элементов квази-распределенного и распределенного типа и аппаратно-программный комплекс.

В завершающем разделе представлены наиболее важные результаты диссертационной работы.

Новизна исследования и полученные результаты. Проблематика диссертационной работы сконцентрирована вокруг исследования возможности применения стандартного одномодового оптического волокна, используемого в качестве сенсора и канала передачи данных, для контроля технического состояния объектов большой протяженности, прежде всего монолитных железобетонных фундаментов. Особенность предлагаемого подхода заключается в том, что оптическое волокно (ОВ) размещается непосредственно внутри монолитной железобетонной строительной конструкции, например, фундамента, или закрепляется на его поверхности. При изменении напряженно-деформированного состояния возникают концентраторы напряжения, что приводит к изменению параметров световой волны, проходящей по сердцевине оптического волокна. Анализ изменений параметров световой волны (размеров светового пятна и яркости), регистрируемых фотоприемником, позволяет установить численное значение механических напряжений, и при превышении порогового значения локализовать участки деформации методом оптической рефлектометрии.

При помощи математического аппарата установлена взаимосвязь между температурой, дополнительными потерями и изменениями показателей преломления зависимости от приложенной нагрузки на боковую грань оптического волокна. Получена физико-математическая модель изменения параметров интенсивности оптического излучения распространяющегося по сердцевине ОВ в зависимости от расстояния от его центра. Установлено, что деформацию балки можно контролировать по уровню изменения потерь, интенсивности и объёмной плотности оптического излучения проходящего по сердцевине ОВ.

С использованием программ ANSYS и COMSOL выполнено компьютерное моделирование механического воздействия на балку, в которой находятся ОВ, которое позволяет симитировать процессы растяжения, сжатия и микроизгиба оптического волокна, а также получить численные значения. Проведенные теоретические исследования позволили установить зависимость срока службы ОВ от его удлинения, для достижения срока службы волокно оптического датчика равного 50 годам необходимо чтобы его удлинение не превышало 0,5%.

Проведены экспериментальные исследования образца волоконно-оптической системы контроля технического состояния строительных конструкций. Волоконно-оптическая система показала достаточно высокую линейность и надежность работы. Получен профиль пятна оптического излучения, сформированный на поверхности фотоматрицы, которое схоже с известным пятном Пуассона и имеет ступенчатый профиль, а также подчиняющийся закону распределения Гаусса. Для квази-распределенного датчика оптимальной длиной волны оптического излучения является 650 нм, а для распределенного датчика 1310 или 1550 нм, при этом лазер должен быть когерентным с минимальным уровнем пульсации не более 1 нм.

Разработан аппаратно-программный комплекс, предназначенный для оперативного технического контроля состояния железобетонной конструкции, имеющий 4 квази-распределенных датчика с разрешающей способностью от 50 до 500 метров и распределенного датчика до 1 метра. Максимальное число квази-распределенных датчиков может быть увеличено до 32.

Предлагаемая методика контроля технического состояния строительных конструкций и протяженных объектов с применением волоконно-оптических чувствительных элементов квази-распределенного и распределенного типа прошла практическую апробацию на реальных строительных объектах ТОО «Empire Construction» города Астаны, результаты апробации подтверждены актами. Датчики АПК были откалиброваны с использованием силовоспроизводящей машины типа СВ-10МГ-4, которая находится в Казахстанском институте стандартизации и метрологии.

В диссертационной работе полностью решена актуальная научно-техническая задача, связанная с разработкой методики контроля технического состояния строительных конструкций на основе волоконно-оптических датчиков и аппаратно-программного комплекса.

Соответствие автореферата диссертационной работе. Автореферат структурно и содержательно соответствует диссертации, отражает основные положения и выводы диссертационной работы.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и производства. Разработанный аппаратно-программный комплекс непрерывного и неразрушающего контроля технического состояния строительных конструкций на

основе волоконно-оптических датчиков позволяет своевременно выявлять потенциальные и скрытые от визуального наблюдения проблемы в строительных сооружениях и природных объектах, чреватые авариями и катастрофами, такими как обрушения сооружений, прорывы трубопроводов, оползни и другие нарушения, которые могут представлять угрозу для жизни людей и окружающей среды. Информация, получаемая с помощью разработанного аппаратно-программного комплекса позволяет предупреждать возможных последствий разрушения протяженных объектов и снизить эксплуатационные расходы, в частности, за счет более точного определения сроков, объемов и способов проведения профилактических работ.

Результаты диссертационной работы были внедрены в НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева».

Краткая характеристика представленной диссертационной работы.

Диссертационная работа охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства. Методы, используемые в представленном исследовании, основываются на современных научных нормах. Выводы работы взаимосвязаны и непротиворечивы. Содержание работы соответствует заявленной теме, цели и задачам исследования, а также паспорту научной специальности 2.2.4. – Приборы и методы измерения (по видам измерений). Полученные автором результаты раскрыты в достаточном объеме. Текст диссертации хорошо структурирован, характеризуется последовательностью изложения и написан грамотным научно-техническим языком. Диссертационная работа отражает полученные автором новые научные результаты. Положения, выносимые на защиту, и предложенные решения достаточно аргументированы. Проведена сравнительная оценка полученных результатов с другими известными решениями.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы. Предложенный аппаратно-программный комплекс рекомендуется использовать для осуществления непрерывного контроля протяженных технических и природных объектов, разрушение которых сопряжено с угрозой для людей и (или) экологическим ущербом для окружающей среды.

Обоснованность и достоверность положений и выводов диссертационной работы, подтверждается обоснованностью допущений и преобразований при разработке физико-математической модели с учетом объемной плотности мощности и других параметров электромагнитного поля волны в оптоволокне, расположенном вдоль оси горизонтальной деформируемой железобетонной балки. Корректность физико-математической модели обоснована соответствием полученных результатов, а также проведенными экспериментальными исследованиями с использованием лабораторных образцов волоконно-оптических датчиков, размещённых в железобетонной конструкции. Обоснованность и достоверность схем и алгоритмов работы аппаратно-программного комплекса контроля на основе оптико-электронного анализа изменения интенсивности оптической волны, распространяющейся по оболочке оптического волокна.

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, в достаточной степени опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК, и в журналах

индексируемые в международной базе Scopus, а также прошли апробацию на международных конференциях.

Практическая значимость подтверждается протоколом заседания технической службы ТОО Строительная компания «Empire Construction» и РГП «Казахстанский институт стандартизации и метрологии». Ценность полученных результатов подтверждена актами внедрения.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Отраженные в диссертации научные положения соответствуют области исследования (п. 1 «Создание новых научных, технических и нормативно-технических решений, обеспечивающих повышение качества продукции, связанных с измерениями механических величин, времени и частоты, тепловых величин, электрических и магнитных величин, аналитических и структурно аналитических величин (состава, свойств и структуры веществ и материалов») специальности 2.2.4.– Приборы и методы измерения (по видам измерений).

Замечания. По рассмотренной диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. В части разработанного метода, автору было бы желательно рассмотреть решения, альтернативные рефлектометрическому, в частности, рассмотреть возможность использования брэгговских датчиков для локализации проблемных участков.
2. Первая глава содержит сведения, которые скорее относятся к описательным, чем к аналитическим, предпочтительнее было бы сосредоточиться на разборе недостатков и ограничений существующих систем контроля. Например, в первой главе на нескольких страницах описывается использование сверточных нейронных сетей в задачах оптической рефлектометрии, каким образом эта информация связана с полученными результатами в дальнейшем не описано.
3. В третьей главе и выводах, соискатель опустил анализ причин ложных срабатываний рефлектометра.
4. Фиксация деформации (фотодатчиком) и дальнейшая попытка ее локализации (рефлектометром) производится по разным оптоволоконным каналам (см. стр. 154, рис. 114.), в связи с этим возникает вопрос о правомерности подхода, в котором фиксация деформации производится по одному оптоволокну, а локализация деформации по другому.
5. В задачах работы указана задача «провести калибровку датчика для оценки точности измерений», а соответствующих разделах диссертации подробно описываются используемые приборы, инструкции по работе с ними, в то время как описание методики калибровки по сути сведено к схеме экспериментального стенда. Сведения о достигнутой погрешности измерений также сводятся к констатации факта, что она была подсчитана.

Эти замечания, тем не менее, не снижают ценности полученных автором результатов.

Общее заключение о диссертации. В целом диссертационная работа Аймагамбетовой Раушан Жанатовны «Аппаратно-программный комплекс контроля технического состояния строительных конструкций на основе волоконно-оптических датчиков» удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Содержание автореферата соответствует диссертации. Диссертационная работа Аймагамбетовой Раушан Жанатовны является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научной задачи разработки аппаратно-программного комплекса контроля технического состояния строительных конструкций на основе волоконно-оптических датчиков; автор диссертационного исследования Аймагамбетова Раушан Жанатовна **заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук** по специальности 2.2.4 - Приборы и методы измерения (по видам измерений).

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на заседании семинара «Информационные технологии и системы» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН) от «20» ноября 2023 года, протокол № 3.

Отзыв составили:

Потатуркин Олег Иосифович, профессор, д.т.н.,
главный научный сотрудник
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт автоматизации и
электрометрии Сибирского отделения
Российской академии наук,
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Каптюга, д.1,
Тел. +7(383) 330-79-69
E-mail: potaturkin@iae.nsk.su



06.12.2023

Зюбин Владимир Евгеньевич, доцент, д.т.н.
ведущий научный сотрудник,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт автоматизации и
электрометрии Сибирского отделения
Российской академии наук,
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Каптюга, д.1,
Тел. +7(383) 330-79-69
E-mail: zyubin@iae.nsk.su



06.12.2023