

АННОТАЦИЯ

Диссертационной работы на тему:

«Исследование применения оптически – волоконного датчика для определений механических напряжений»

представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D06201 – «Радиотехника, электроника және телекоммуникация»

Кадирбаевой Гулим Кумарбекқызы

Актуальность темы. Точное измерение механических напряжений является одной из ключевых задач обеспечения надежности и безопасности материалов в инженерии и промышленности. Это особенно важно для таких ответственных сфер, как космическая отрасль, авиация, строительство и транспорт. Поскольку традиционные методы контроля напряжений имеют определённые ограничения, возникает необходимость в применении современных технологических достижений.

Одним из таких достижений является использование оптоволоконных датчиков. Эта технология демонстрирует значительно более высокую чувствительность и точность по сравнению с электрическими и механическими средствами измерения. Кроме того, оптоволоконные датчики отличаются устойчивостью к электромагнитным помехам, лёгкостью и длительным сроком службы. Эти характеристики увеличивают их применимость в сложных инженерных системах и экстремальных условиях.

Развитие оптоволоконных технологий в Казахстане представляет не только научный интерес, но и является стратегическим направлением для удовлетворения производственных потребностей. С учётом региональных климатических особенностей исследование эффективности таких датчиков позволит обеспечить устойчивость отечественной промышленности и инфраструктуры. Таким образом, исследование возможностей оптоволоконных датчиков в измерении механических напряжений является важным шагом для продвижения научно-технического прогресса и укрепления экономического потенциала страны.

Целью работы является исследование построения модели оптического датчика для измерения параметров механических напряжений, возникающих в связи нагрузки на объектах автомагистрального моста.

Исследовательские вопросы:

1. Изучение методов теоретических основ волоконной оптики и сетки Брэгга
2. Анализ принципов и технических путей построения систем измерения механических напряжений на основе волоконно-оптических датчиков Брэгга.

3. Исследование влияния механических напряжений с использованием волоконно-оптических датчиков.

4. Построение математической модели механических напряжений, поступающих на сооружения автомобильных мостов, с использованием волоконно-оптических датчиков Брэгговской решетки.

Объект исследования. Волокнистая решетка Брэгга

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовались методы математического, компьютерного и экспериментального моделирования.

Научная новизна диссертационной работы:

1. Впервые экспериментально исследована спектральная характеристика волоконной сетки Брэгга в диапазоне длин волн 1562-1566 нм, основанная на модели волоконно-оптического датчика для измерения механических напряжений.

2. Для расчета влияния нагрузки на твердые материалы предложено адаптировать параметры деформации, описанные законом Гука, с помощью специального математического выражения с помощью модуля Юнга.

3. Разработана универсальная модель волоконного датчика Брэгга для измерения параметров деформации при механическом воздействии.

Основные положения, вынесенные на защиту:

– Решетка Брэгга (длина волны 1662-1666 нм) из волокна была рассмотрена для определения механических напряжений в строительстве автомобильных мостов.

– Разработана методика высокоточного определения параметров деформации в режиме реального времени с помощью оптических датчиков, основанных на решетках Брэгга.

– Работа датчиков на основе ВБР смоделирована в программах Autodesk и Matlab Simulink. Эти модели направлены на решение конкретных инженерных задач.

– Подчеркнута важность проведения дополнительных исследований по адаптации и совершенствованию технологии ВБР к другим объектам инфраструктуры, кроме мостовых сооружений.

Личный вклад автора в получение научных результатов. Все оригинальные результаты, представленные в диссертации, получены автором при участии в лабораторных экспериментах.

Апробация работы. Методы исследования и результаты диссертации изложены на следующих научных конференциях:

1. «Талшықты Брэгг торлары және оларды жазу әдістері», Кадирбаева Г. К., Чежимбаева К. С., международная научная конференция студентов и молодых ученых "ФАРАБИ ӘЛЕМІ" Алматы, Казахстан, 6-8 апреля 2021 года.

2. «Талшықты Брэгг торларының пайда болу механизмдерін зерттеу», Кадирбаева Г. К., Чежимбаева К. С., VIII Международная научно-практическая конференция «Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века» технические науки. Астана, Казахстан, 16-22 апреля 2021 года.

3. «Сигналды Брэгг талшықтары негізінде жасалған фазалық интерферометриялық сенсордан бөліп алудың математикалық әдісін зерттеу», Кадирбаева Г. К., Чежимбаева К. С., «международная научно - практическая online конференция «интеграция науки, образования и производства - - основа реализации Плана нации», посвященная 30-летию Независимости Республики Казахстан» (Сагиновские чтения №13). Караганда, Казахстан, 16-22 апреля 2021 года.

4. «Талшықты Брэгг торларының пайда болу қағидалары және оны жазудың арнайы әдістері», Кадирбаева Г. К., Чежимбаева К. С., Международная научно-техническая конференция, Алматы, Казань, 20-21 октября 2022 г.

Практическая значимость работы. Научные результаты диссертационной работы внедрены в качестве учебных материалов в лаборатории «оптоэлектроники» Люблинского технологического университета (г. Люблин, Польша), на кафедре «Телеинформатика и электроника» для изучения влияния методов записи, спектральных характеристик решеток Брэгга, характеристик датчиков измерения деформации при специальных растяжениях и изгибах.

Статьи. По основным результатам выполненных исследований и разработок подготовлено и опубликовано несколько научных работ, в том числе 2 работы опубликованы в изданиях, входящих в международную базу Scopus, 4 работы опубликованы в изданиях, рекомендованных комитетом по контролю в сфере науки и высшего образования МОН РК.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав основного содержания, приложения и приложения, 4 атасписка из 4 родителей и содержит 125 страниц, 55 рисунков и 18 таблиц.

Во вводной части представлены общие характеристики диссертационной работы: актуальность работы, цель, проблемы исследования, объект исследования, научная значимость, практическая значимость, методы исследования, апробация работы и тип статей. Изложено краткое содержание и структура диссертационной работы.

В первой главе представлены информационные обзоры оптического волокна в целом. Были широко рассмотрены типы и классификация оптических волокон, а также проанализированы преимущества и недостатки. Изложены основные принципы работы оптического волокна, определены основные стандарты, определяющие оптические волокна. В главе бр оптикалық талшықтың рассмотрены важные действия оптического волокна в различных устройствах во многих областях. При этом были продемонстрированы основные теоретические сведения о волоконно-оптических Брэгговских решетках. Были показаны данные о типах волоконных сеток Брэгга и специальных методах записи сетки, а также о деформации и температурной чувствительности сеток Брэгга туралы .

Во второй главе будет проведен обзор и классификация существующих методов измерения деформации, а также проведен сравнительный анализ и рассмотрены традиционные датчики на основе пьезоэлектрического эффекта

и волоконно-оптических датчиков қарастырылды. Проведено исследование передаточных характеристик датчиков Брэгга, определяющих зависимость длины волны отраженного излучения от деформации и температуры датчиктерінің берілу сипаттамас. На основе метода волновых функций Брэгга исследуется зависимость спектра отраженного излучения от механической деформации или температуры.

В третьей главе рассмотрено влияние механических напряжений с использованием волоконной сетки Брэгга. Были рассмотрены состояния конструкции первых твердых материалов, в том числе показаны характеристики бетонных балок. В то же арнайы время для преодоления специальных ограничений был создан метод технологии мониторинга состояния структур, который может обеспечить относительно высокую точность, долгосрочное и непрерывное обнаружение в режиме реального времени и не вызывать одновременно возникающих изменений құрылымдардың күйін бақылау технологиясы (ҚКБТ). Произведен расчет зависимости состояния материалов от деформации. Кроме того, по результатам расчетов были построены и рассчитаны специальные графики.

В четвертой главе предложена модель универсального датчика, который может измерять параметры деформации при механическом воздействии на основе экспериментального метода механических напряжений, при котором датчики сетки Брэгга с волокном опущены в двух точках и центральной точке. Эти графические математические модели были построены в Authodesk и Matlab Simulink. Была исследована формула модуля Юнга для твердого материала и размер модуля Юнга для бетонной балки.

В заключительном разделе отражены результаты и выводы, полученные по диссертационной работе.