

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и информационных
систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/MEBG1583>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошкеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

МРНТИ 49.01.05

<https://doi.org/10.48081/PWAG2791>

***Н. К. Смайлов¹, С.Ж. Кошкинбаев², Е. Таштай¹,
М.Н. Жекамбаева⁴, А. Ә. Әмір⁵**

^{1,3,4,5}Satbayev University, Республика Казахстан, г. Алматы

²Университет Мирас, Республика Казахстан, г. Шымкент

*e-mail: n.smailov@satbayev.university

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7264-2390>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5188-9549>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0809-537X>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0612-6336>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4001-3745>

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассматриваются возможности использования волоконно-оптических датчиков для диагностики состояния металлических и бетонных конструкций. Волоконно-оптические датчики привлекают внимание благодаря своей высокой чувствительности, невосприимчивости к электромагнитным помехам и устойчивости к суровым условиям окружающей среды. Исследование включает всесторонний анализ существующей литературы, методологий и проблем, связанных с применением этих датчиков. Авторы подчеркивают их эффективность в предоставлении данных в режиме реального времени о структурной целостности, что способствует профилактическому обслуживанию и повышению безопасности инфраструктурных объектов.

В статье представлены примеры успешного применения волоконно-оптических датчиков, таких как мониторинг деформаций мостов, обнаружение утечек в трубопроводах и

контроль трещин в зданиях. Рассмотрены текущие исследования, направленные на повышение точности датчиков, разработку новых конфигураций и методов анализа данных, а также интеграция с искусственным интеллектом и алгоритмами машинного обучения для улучшения обработки данных.

Авторы обсуждают проблемы и ограничения, включая надежность датчиков, сложности их установки и экономическую эффективность, а также необходимость стандартизации протоколов развертывания и интерпретации данных. В заключении предлагаются рекомендации по будущим исследованиям и возможностям для улучшения технологии волоконно-оптических датчиков, включая расширение сотрудничества между академическими кругами, промышленностью и государственными учреждениями.

Ключевые слова: волоконно-оптические датчики, высокоскоростные деформаций, бетонные конструкций, импульсное воздействие, оптический датчик деформации.

Введение

Оптоволоконные датчики становятся важной альтернативой традиционным методам мониторинга состояния металлических и бетонных конструкций. Они используются для измерения деформации, температуры и давления, предоставляя ценную информацию о структурной целостности. Применение оптоволоконных датчиков в мостах позволяет обнаруживать структурные деформации, в трубопроводах — утечки и коррозию, а в зданиях — трещины и общую структурную целостность. Текущие исследования сосредоточены на улучшении точности и разработке новых конфигураций датчиков, а также на интеграции искусственного интеллекта для анализа данных. Проблемы включают надежность, калибровку и экономическую эффективность. В будущем важно продолжать сотрудничество между академическими, промышленными и государственными учреждениями для разработки стандартизированных протоколов и руководств по установке и использованию датчиков.

Цель и задачи исследования

Целью данного исследования является анализ возможностей использования волоконно-оптических датчиков для диагностики состояния металлических и бетонных конструкций.

Задачи включают в себя:

Обзор существующей литературы по волоконно-оптическим сенсорным технологиям и их применению в мониторинге состояния конструкций.

Выявление ключевых проблем и ограничений текущего состояния технологии волоконно-оптических датчиков.

Исследование методологий интеграции оптоволоконных датчиков в существующие системы мониторинга конструкций.

Оценка эффективности оптоволоконных датчиков в предоставлении данных в режиме реального времени о структурной целостности и работоспособности.

Материалы и методы

Методология исследования включает обзор литературы, численное моделирование, лабораторные эксперименты и полевые испытания для анализа возможностей использования волоконно-оптических датчиков в диагностике состояния металлических и бетонных конструкций. В ходе литературного обзора изучались существующие теории и методы, экспериментальные исследования проводились для проверки работы датчиков в различных условиях, а численное моделирование позволило предсказать их поведение.

Использовались специализированные программы для обработки данных и статистический анализ для оценки достоверности результатов. Датчики демонстрируют высокую чувствительность, устойчивость к электромагнитным помехам и суровым условиям, но остаются проблемы с интеграцией, калибровкой и интерпретацией данных.

Статья [1] исследует использование волоконных решеток Брага (ВБР) для измерения скорости деформации под воздействием импульсных механических действий. Исследование включает теоретическое моделирование и экспериментальные проверки, показывая высокую точность ВБР в измерении деформации материалов при импульсных нагрузках. ВБР сенсоры демонстрируют устойчивость к импульсным

электромагнитным полям, что делает их полезными для определения параметров механической деформации. В заключении отмечается необходимость дальнейших исследований и разработки сложных систем для повышения точности и расширения применимости этих сенсоров.

В статье [2] представлен комплексный подход к измерению параметров высокоскоростного нагружения с использованием тензорезисторов, волоконных брэгговских решеток (ВБР) и интерферометров. Исследование подтверждает, что численное моделирование точно описывает ударно-волновой процесс, обосновывая возможность использования различных датчиков для измерения относительной деформации при длительности импульсов 10–100 мкс. В нем подчеркивается важность согласования параметров датчика с напряженно-деформированным состоянием измерительного стержня и обсуждаются экспериментальные и теоретические пределы измерения параметров волны деформации, демонстрируя эффективность различных датчиков в условиях высокоскоростного нагружения.

[3] в этой статье обсуждается надежность и точность волоконно-оптических датчиков при обнаружении и оценке повреждений в металлических и бетонных конструкциях, представлены тематические исследования и экспериментальные данные, подтверждающие их эффективность. В статье объясняется точность оптоволоконных датчиков при количественной оценке степени и серьезности повреждений металлических и бетонных конструкций. Посредством сравнительного анализа с традиционными методами контроля и теоретическими моделями в статье делается попытка подтвердить точность оптоволоконных датчиков в определении размера, формы и распределения дефектов. Сопоставляя показания датчиков с достоверными данными, полученными в результате разрушающих испытаний или визуального осмотра, в статье делается попытка убедиться в точности и достоверности измерений оптоволоконных датчиков.

В статье [4] исследуются достижения в области волоконно-оптических датчиков для мониторинга состояния гражданской инфраструктуры. Подчеркивая такие преимущества, как небольшой размер, легкий вес, невосприимчивость к электромагнитным помехам и возможности встраивания, в статье рассматриваются различные типы волоконно-

оптических датчиков, включая волоконную решетку Брэгга (ВБР) и внешние интерферометрические датчики Фабри-Перо (ИДФП). В нем также обсуждаются инновации в методологиях зондирования и практическое применение при мониторинге мостов, зданий и других сооружений, подчеркивая роль технологии в оценке в реальном времени и обнаружении повреждений.

[5] в этой статье рассмотрены достижения в области SHM для железобетонных конструкций. Традиционные датчики, такие как электрические тензодатчики, акселерометры и датчики на основе GPS, хотя и точны, сталкиваются с проблемами в реальных приложениях из-за ограниченного количества точек оценки и суровых условий. Бетонные конструкции создают дополнительные трудности из-за неоднородного состава и подверженности различным процессам деградации. В документе подчеркивается, что волоконно-оптическая технология (FO) является идеальным решением для SHM благодаря ее высокой чувствительности, долговечности и стабильности на больших длинах измерений. В нем подробно описаны принципы обнаружения оптоволоконна и представлен современный обзор приложений SHM с использованием волоконно-оптических датчиков в бетонных конструкциях.

[6] в данной статье проводится критический анализ проблем и ограничений, связанных с использованием оптоволоконных датчиков при диагностике состояния металлических и бетонных конструкций. Он сталкивается с такими проблемами, как надежность, долговечность и экономическая эффективность датчиков, которые создают серьезные препятствия для широкого внедрения и внедрения технологии оптоволоконных датчиков в приложениях для мониторинга состояния конструкций. Посредством эмпирических исследований и теоретического анализа в статье раскрываются факторы, влияющие на производительность и надежность датчиков, начиная от условий окружающей среды и методов установки и заканчивая калибровкой датчиков и методологиями обработки сигналов. Признавая эти проблемы и решая их напрямую, статья прокладывает путь к разработке надежных сенсорных решений и передовых методов, которые уменьшают потенциальные источники неопределенности и ошибок в мониторинге состояния конструкций.

Статья [7] представляет результаты годичной кампании мониторинга состояния конструкций (SHM) на бетонном мосту с использованием портативного прототипа прибора, основанного на вынужденном рассеянии Бриллюэна. В исследовании подчеркивается использование волоконно-оптических датчиков, которые обеспечивают распределенные измерения деформации с пространственным разрешением 1 метр. Датчики обнаружили трещину в мосту, продемонстрировав эффективность этой технологии в выявлении структурных проблем. В документе подчеркиваются преимущества распределенных волоконно-оптических датчиков перед традиционными точечными датчиками, включая экономическую эффективность, устойчивость к условиям окружающей среды и возможность долгосрочного мониторинга.

В статье [8] обсуждаются значительные достижения и применение волоконно-оптических датчиков (ВОД) для обнаружения трещин в бетонных конструкциях. Подчеркивая их преимущества перед традиционными датчиками, такие как невосприимчивость к электромагнитным помехам, высокая чувствительность и надежность в агрессивных средах, исследование подчеркивает растущую проблему разрушения бетонной конструкции. В нем представлен всесторонний обзор последних исследований и прогресса в использовании ВОД для точного обнаружения трещин, сравниваются различные методологии. Кроме того, в документе определяются области, нуждающиеся в улучшении, и оценивается совместимость и устойчивость новейших технологий ВОД в обнаружении повреждений, подчеркивая их потенциал для улучшения долгосрочного мониторинга и обслуживания конкретной инфраструктуры.

[9] В статье исследуется растущее использование chirпированных волоконных брэгговских решеток (ЧВБР) в экспериментах по определению скорости детонации за последнее десятилетие. В нем исследуется влияние параметров конструкции ЧВБР - скорости chirпа, отражательной способности и аподизации - на линейность измерений скорости детонации. В исследовании делается вывод, что оптимальный зонд скорости детонации ЧВБР должен иметь высокую частоту chirпа, низкую отражательную способность и отсутствие аподизации. Чтобы подтвердить эти выводы, исследователи провели измерения скорости детонации с использованием оптимизированного ЧВБР длиной 24 см, что стало самым

продолжительным испытанием ЧВБР такого рода на сегодняшний день. Это исследование подчеркивает потенциал повышения точности и эффективности экспериментов по детонации с использованием оптимизированных ЧВБР.

В статье [10] рассматриваются проблемы дистанционного зондирования с высоким разрешением, вызванные деформацией крыла из-за внешнего потока и внутренних вибраций двигателя, которые традиционные методы компенсации ошибок с жесткой базовой линией не могут исправить. Он предлагает модель переноса выравнивания с использованием волоконной брэгговской решетки (ВБР) для систем распределенного положения и ориентации. Этот подход включает в себя разработку схемы ВБР для сбора многомерных данных о деформации, подбор измеренной деформации для получения непрерывной деформации на поверхности крыла и расчет смещения и угла деформации. Уравнение состояния, учитывающее ошибки положения и скорости, угол смещения и ошибку инерционного устройства, повышает точность измерений за счет оценки фильтрации. Результаты экспериментов демонстрируют значительное улучшение точности выравнивания переноса.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований свидетельствуют о высокой эффективности волоконно-оптических датчиков при диагностике состояния металлических и бетонных конструкций. Численное моделирование демонстрирует точность и надежность оптоволоконных датчиков при измерении различных параметров, таких как деформация, температура и давление. Лабораторные эксперименты и полевые испытания еще раз подтверждают практическую полезность волоконно-оптических датчиков для мониторинга состояния конструкций.



Рисунок 1 – Экспериментальная установка для определения деформаций на поверхности бетонных конструкций

Симуляция механических волн в одномерном стержне была проведена с использованием метода Хопкинсона в программном обеспечении ANSYS AutoDyn. В центре алюминиевого стержня размерами 1000x10x10 мм расположены фенольная подложка датчика деформации размером 5x6x0.1 мм и полоска кварцевого стекла FBG размером 10x0.1x0.1 мм, прикреплённые к стержню слоем клея толщиной 0.1 мм. Характеристики материалов были заданы следующим образом:

Алюминиевый стержень: модуль Юнга 71 ГПа, коэффициент Пуассона 0.33 и плотность 2770 кг/м³.

Фенольная подложка датчика деформации: модуль Юнга 32 ГПа, коэффициент Пуассона 0.3 и плотность 1800 кг/м³.

Кварцевое стекло FBG: модуль Юнга 73 ГПа, коэффициент Пуассона 0.2 и плотность 2200 кг/м³.

Клей: модуль Юнга варьируется от 0.15 до 15 ГПа, коэффициент Пуассона 0.3 и плотность 1000 кг/м³.

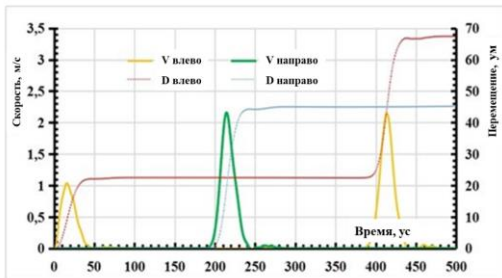


Рисунок 2 – Распределение относительных деформации по поверхностям тензорезистора и брэгговской решетки

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что относительные деформации по поверхности тензорезистора и брэгговской решетки распределены неравномерно. На степень этого неравномерного распределения влияют такие факторы, как модуль упругости и геометрические размеры тензорезистора, брэгговской решетки и клеевого слоя. Однако расчеты показывают, что при модуле упругости клеевого слоя 1,5 ГПа относительные деформации в центре как тензорезистора, так и брэгговской решетки совпадают с деформациями на поверхности стержня как по амплитуде, так и по форме импульса (см. рис. 3).

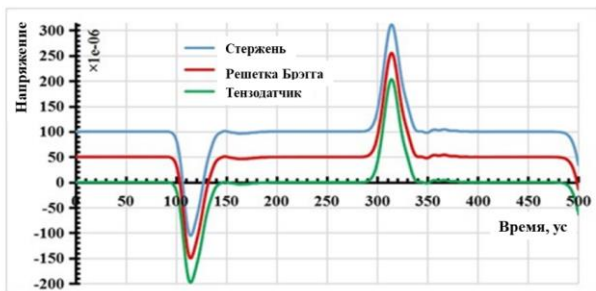


Рисунок 3 – Изменение относительных деформации со временем в центре тензодатчика

На рисунке 3 показано, как относительные деформации изменяются со временем в центре тензодатчика, брэгговской решетки и стержня, при этом каждый сигнал регулируется на $\epsilon = 50 \cdot 10^{-6}$ относительно друг друга.

Понижение модуля упругости клеевого слоя увеличивает неравномерность распределения относительных деформаций внутри брэгговской решетки и тензорезистора. В частности, снижение модуля упругости до 0,15 кПа в брэгговской решетке диаметром 10 мм приводит к двукратному уменьшению относительных деформаций в ее центре и увеличению неоднородности распределения. Результаты моделирования также показывают, что увеличение длины склеенного участка волокна до 100 мм при сохранении брэгговской решетки на уровне 10 мм приводит к более равномерному распределению относительных деформаций внутри области брэгговской решетки, численно совпадающих с деформациями на поверхности стержня.

Результаты исследования по использованию волоконно-оптических датчиков для диагностики металлических и бетонных конструкций значимы для инфраструктуры и технической диагностики. Основные результаты включают:

Высокая чувствительность и точность: Датчики обнаруживают мельчайшие изменения в структуре конструкций, что позволяет выявлять потенциальные проблемы на ранних стадиях.

Долговечность и устойчивость: Датчики устойчивы к влажности, коррозии и ультрафиолетовому излучению, обеспечивая надежную работу в агрессивных условиях.

Дистанционный мониторинг: Датчики позволяют контролировать состояние крупных объектов, таких как мосты и здания, удаленно, что способствует оперативному реагированию на проблемы.

Экономическая выгода: Раннее выявление проблем и своевременное обслуживание снижают затраты на ремонт и предотвращают потенциальные ущербы.

Перспективы развития: Необходимы дальнейшие исследования для улучшения методов обработки данных и разработки новых типов датчиков с расширенным функционалом.

Волоконно-оптические датчики подтверждают свою перспективность для мониторинга состояния конструкций, обеспечивая безопасность и надежность инфраструктуры, а также оптимизацию процессов технического обслуживания. Однако остаются задачи по калибровке

датчиков, интерпретации данных и экономической эффективности, которые необходимо решить для полного раскрытия их потенциала.

Выводы

В заключение можно сказать, что оптоволоконные датчики представляют собой перспективное решение для диагностики состояния металлических и бетонных конструкций. Результаты исследования демонстрируют эффективность этих датчиков в предоставлении данных в режиме реального времени, обеспечивая профилактическое обслуживание и повышая безопасность и долговечность инфраструктурных объектов.

Волоконно-оптические датчики обладают рядом преимуществ перед традиционными методами мониторинга, включая высокую чувствительность, невосприимчивость к электромагнитным помехам и способность работать в суровых условиях. Эти датчики успешно применяются для мониторинга мостов, зданий, трубопроводов и туннелей, обеспечивая непрерывный контроль и раннее обнаружение структурных проблем.

Однако для полного раскрытия потенциала волоконно-оптических датчиков необходимо решить ряд проблем, таких как интеграция, калибровка и экономическая эффективность. Будущие исследования и разработки должны быть направлены на повышение точности, надежности и долговечности этих датчиков, а также на разработку стандартизированных протоколов для их развертывания и интерпретации данных.

Анализ возможностей использования волоконно-оптических датчиков подчеркивает значительные достижения и потенциал этой технологии в мониторинге состояния конструкций. Продолжающиеся исследования и инновации могут существенно улучшить практику структурного мониторинга, обеспечивая безопасность и долговечность инфраструктурных активов на долгие годы вперед.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Kiesewetter D. et al.** Application of Fiber Bragg Gratings as a Sensor of Pulsed Mechanical Action //Sensors. – 2022. – Т. 22. – № 19. – С. 7289. <https://doi.org/10.3390/s22197289>.

2 **Smailov N. et al.** Numerical Simulation and Measurement of Deformation Wave Parameters by Sensors of Various Types //Sensors. – 2023. – Т. 23. – № 22. – С. 9215. <https://doi.org/10.3390/s23229215>.

3 **Glišić B. et al.** Damage detection and characterization using long-gauge and distributed fiber optic sensors //Optical Engineering. – 2013. – Т. 52. – № 8. – С. 087101-087101. [DOI:10.1117/1.OE.52.8.087101](https://doi.org/10.1117/1.OE.52.8.087101).

4 **Ye X. W. et al.** Structural health monitoring of civil infrastructure using optical fiber sensing technology : A comprehensive review // The Scientific World Journal. – 2014. – Т. 2014. [DOI:10.1155/2014/652329](https://doi.org/10.1155/2014/652329).

5 **Sakiyama, F. I. H., Lehmann, F., Garrecht, H.** Structural health monitoring of concrete structures using fibre-optic-based sensors: A review //Magazine of concrete research. – 2021. – Т. 73. – №. 4. – С. 174–194. <https://doi.org/10.1680/jmacr.19.00185>.

6 **Singh, B. P., Singh, T., Narwade, R.** Recent Progress of Fibre Optic Sensors for the Structural Health Monitoring of Civil Infrastructure //Sensors and Fiber Optics: Recent Trends. – 2022. – С. 61.

7 **Minardo A. et al.** Long term structural health monitoring by Brillouin fibre-optic sensing: A real case //Journal of Geophysics and Engineering. – 2012. – Т. 9. – №. 4. – С. P. 64-S69. [DOI:10.1088/1742-2132/9/4/S64](https://doi.org/10.1088/1742-2132/9/4/S64).

8 **Afzal M. H. B., Kabir S., Sidek O.** An in-depth review: Structural health monitoring using fiber optic sensor //IETE Technical Review. – 2012. – Т. 29. – №. 2. – P. 105-113. [DOI:10.4103/0256-4602.95383](https://doi.org/10.4103/0256-4602.95383).

9 **Pooley J. et al.** Optimised Chirped Fibre Bragg Gratings for Detonation Velocity Measurements //Sensors. – 2019. – Т. 19. – № 15. – P. 3333. <https://doi.org/10.3390/s19153333>.

10 **Ye W., Gu B., Wang Y.** Airborne distributed position and orientation system transfer alignment method based on fiber bragg grating //Sensors. – 2020. – Т. 20. – № 7. – P. 2120. <https://doi.org/10.3390/s20072120>.

Поступило в редакцию 06.05.24

Поступило с исправлениями 11.06.24

Принято в печать 05.09.24

*Н. Қ. Смайлов¹, С. Ж. Көшкінбаев², Е. Тауштай³,
М. Н. Жекамбаева⁴, А. Ә. Әмір⁵

^{1,3,4,5}Сәтбаев университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

²Мирас университеті, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ.

06.05.24 ж. баспаға түсті.

11.06.24 ж. түзетулерімен түсті.

05.09.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

МЕТАЛЛ-БЕТОН ҚҰРЫЛЫМДАРЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫН ДИАГНОСТИКА ҮШІН ТАЛШЫҚ-ОПТИКАЛЫҚ ДАТТЫРЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ МҮМКІНДІКТЕРІН ТАЛДАУ

Мақалада металл және бетон конструкцияларының күйін диагностикалау үшін талшықты-оптикалық сенсорларды пайдалану мүмкіндіктері қарастырылады. Талшықты-оптикалық сенсорлар жоғары сезімталдыққа, электромагниттік кедергілерге қарсы иммунитетке және қоршаған ортаның қатал жағдайларына төзімділігіне байланысты назар аударады. Зерттеу осы сенсорларды қолданумен байланысты бар әдебиеттерді, әдістемелерді және қиындықтарды жан-жақты талдауды қамтиды. Авторлар болжамды қызмет көрсетуге және инфрақұрылымдық активтердің қауіпсіздігін арттыруға ықпал ететін құрылымдық тұтастық туралы нақты уақыттағы деректерді берудегі олардың тиімділігін атап көрсетеді.

Мақалада көпір деформациясын бақылау, құбырлардағы ағып кетуді анықтау және ғимараттардағы жарықтарды бақылау сияқты талшықты-оптикалық сенсорларды сәтті қолдану мысалдары келтірілген. Ағымдағы зерттеулер сенсордың дәлдігін жақсарту, жаңа конфигурациялар мен деректерді талдау әдістерін әзірлеу және деректерді өңдеуді жақсарту үшін жасанды интеллект және машиналық оқыту алгоритмдерімен біріктіру үшін қаралады.

Авторлар қиындықтар мен шектеулерді, соның ішінде сенсордың сенімділігін, орнату қиындықтарын және үнемділігін, сондай-ақ орналастыру протоколдары мен деректерді интерпретациялауды стандарттау қажеттілігін талқылайды. Ол болашақ зерттеулерге арналған ұсыныстармен және талшықты-

оптикалық сенсор технологиясын жақсарту мүмкіндіктерімен, соның ішінде академия, өнеркәсіп және мемлекеттік органдар арасындағы ынтымақтастықты арттырумен аяқталады.

Кілтті сөздер: талшықты-оптикалық датчиктер, жоғары жылдамдықты деформациялар, бетон конструкциялары, импульстік әрекет, оптикалық деформация датчигі.

*N. K. Smailov¹, S. Zh. Koshkinbaev², Y. Tashtay³,

M. N. Zhekambaeva⁴, A. A. Amir⁵

^{1,3,4,5}Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty

²Miras University, Republic of Kazakhstan, Shymkent

Received 06.05.24

Received in revised form 11.06.24

Accepted for publication 05.09.24

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING FIBER OPTICAL SENSORS FOR DIAGNOSTICS OF THE CONDITION OF METAL AND CONCRETE STRUCTURES

The article discusses the possibilities of using fiber-optic sensors to diagnose the condition of metal and concrete structures. Fiber optic sensors are gaining attention due to their high sensitivity, immunity to electromagnetic interference, and resistance to harsh environmental conditions. The study includes a comprehensive analysis of existing literature, methodologies, and challenges associated with the application of these sensors. The authors highlight their effectiveness in providing real-time data on structural integrity, which promotes predictive maintenance and improved safety of infrastructure assets.

The article presents examples of successful applications of fiber optic sensors, such as monitoring bridge deformations, detecting leaks in pipelines, and monitoring cracks in buildings. Current research is reviewed to improve sensor accuracy, develop new configurations and data analysis methods, and integrate with artificial intelligence and machine learning algorithms to improve data processing.

The authors discuss challenges and limitations, including sensor reliability, installation challenges, and cost-effectiveness, as well as the need to standardize deployment protocols and data interpretation. It concludes with recommendations for future research and opportunities to improve fiber optic sensor technology, including increased collaboration between academia, industry, and government agencies.

Key words: fiber-optic sensors, high-speed deformations, concrete structures, pulse action, optical deformation sensor.

Теруге 10.09.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректорлар: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс №4277

Сдано в набор 10.09.2024 г. Подписано в печать 30.09.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректоры: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Заказ № 4277

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайгыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайгыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz