

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Нұрлан Нияз Ерсайнұлы

«Оптикалық талшықты датчик пен Брэгг торларының көмегімен бетон
конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ЭТ ж ҒТ кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.кан
Е.Таштай
« 13 » 05 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Оптикалық талшықты датчик пен Брэгг торларының көмегімен бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау»

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Орындаған:



Н. Е. Нұрлан

Пікір беруші

ҚазҰАЗУ

қауымдастырылған профессор т.ғ.к


 А.Б. Токмолдаев

« 30 » 05 2024 ж.

Ғылыми жетекші

ЭТжҒТ каф.

профессор PhD

 Н.К.Смайлов

« 30 » 05 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

БЕКІТЕМІН
ЭТЖҒТ кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.кан
Е.Таштай
« 65 » 12 2023 ж



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Нұрлан Нияз Ерсайнұлы

Тақырыбы: «Оптикалық талшықты датчик пен Брэгг торларының көмегімен бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау».

Университет ректорының « 4 » 12 2023ж. № 548 П/Ө бұйрығымен бекітілген
Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі 30 04 2024 ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: МЕМСТ 59737-20-21 Оптика және фотоника, жалпы техникалық шарттар

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Өлшеулердің жоғары дәлдігі мен сезімталдығы FODs және Брэгг торлары арқылы деформацияларын анықтау және шолу.
- б) Нақты уақыт режимінде деформациялар мен кернеулерді анықтау.
- в) Брэгг торларының төзімділік пен беріктіктің жоғары дәрежесін талдап зерттеу.
- г) Брэгг торларының бетонмен әсерін бақылап эксперименттік зерттеулер жүргізу.





Сызбалық материалдар 15 слайдпен ppt форматында көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. W. Yao, J. Liu, N. Chen, J. Zhang, Y. Zhao and D. Shen, "Novel Raman Fiber Lasers Emitting in the U-Band With Combined Volume Bragg Gratings," in IEEE Photonics Journal, vol. 6, no. 6, pp. 1-8, Dec. 2014, Art no. 1502607, doi: 10.1109/JPHOT.2014.2374609.
2. R. E. Silva, M. Becker, A. Hartung, M. Rothhardt, A. A. P. Pohl and H. Bartelt, "Reflectivity and Bandwidth Modulation of Fiber Bragg Gratings in a Suspended Core Fiber by Tunable Acoustic Waves," in IEEE Photonics Journal, vol. 6, no. 6, pp. 1-8, Dec. 2014, Art no. 7100608, doi: 10.1109/JPHOT.2014.2366161.
3. P. Zhang et al., "Mechanical Filter-Based Differential Pressure Fiber-Optic Fabry-Perot Infrasound Sensor," in IEEE Photonics Journal, vol. 13, no. 3, pp. 1-10, June 2021, Art no. 6800110, doi: 10.1109/JPHOT.2021.3072847.
4. T. Habisreuther, T. Elsmann, A. Graf and M. A. Schmidt, "High-Temperature Strain Sensing Using Sapphire Fibers With Inscribed First-Order Bragg Gratings," in IEEE Photonics Journal, vol. 8, no. 3, pp. 1-8, June 2016, Art no. 6802608, doi: 10.1109/JPHOT.2016.2555580.
5. A. C. Marceddu, A. Aimasso, S. Schiavello, B. Montrucchio, P. Maggiore and M. D. L. Dalla Vedova, "Comprehensive Visualization of Data Generated by Fiber Bragg Grating Sensors," in IEEE Access, vol. 11, pp. 121945-121955, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3329425.




Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Өлшеулердің жоғары дәлдігі мен сезімталдығы және Брэгг торлары арқылы деформацияларын анықтау және шолу.	07.02.2024	
Нақты уақыт режимінде деформациялар мен кернеулерді анықтау.	24.03.2024	
Брэгг торларының төзімділік пен беріктіктің жоғары дәрежесін талдап зерттеу.	20.04.2024	
Брэгг торларының бетонмен әсерін бақылап эксперименттік зерттеулер жүргізу.	26.04.2024	

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

Қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Ғылыми жетекші ЭТЖҒТ каф. профессоры, PhD Н.К.Смайлов	10.12.2023	
Теориялық ақпарат	Ғылыми жетекші ЭТЖҒТ каф. профессоры, PhD Н.К.Смайлов	24.03.2024	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ каф. оқытушысы, П.Б. Ақылжан	30.05.2024	

Ғылыми жетекшісі PhD докторы  Н.К. Смайлов

(КОЛЫ)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Н. Е. Нұрлан

(КОЛЫ)

Күні « 31 » 05 2024 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс Брэгг торларын қолдана отырып, бетон конструкцияларының деформацияларын зерттейді. Зертханалық сынақтар статикалық және жүктемелерді, температуралық деформацияларды және микрожарықшалардың пайда болуы мен дамуын өлшеуде Брэгг торлары бар сенсор жоғары дәлдігі мен сенімділігін көрсетеді. Брэгг торларын қолдану бетонның техникалық сипаттамасы модельдеуге, оның беріктігін болжауға және құрылыс объектілерінің қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді. Нәтижелер конструкциялардың күйін Брэгг торларының тиімділігін растайды, бұл оларды заманауи құрылыс пен инженерияда таптырмас етеді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе исследуются деформации бетонных конструкций с использованием решеток Брэгга. Лабораторные испытания показывают высокую точность и надежность датчика с решетками Брэгга при измерении статических нагрузок и нагрузок, температурных деформаций, появления и развития микротрещин. Применение брэгговских решеток позволяет моделировать технические характеристики бетона, прогнозировать его прочность и повышать безопасность строительных объектов. Результаты подтверждают состояние конструкций и эффективность решеток Брэгга, что делает их незаменимыми в современном строительстве и инженерии.

ANNOTATION

In this thesis, deformations of concrete structures using Bragg gratings are investigated. Laboratory tests show high accuracy and reliability of the sensor with Bragg gratings when measuring static loads and loads, temperature deformations, the appearance and development of microcracks. The use of Bragg gratings allows you to simulate the technical characteristics of concrete, predict its strength and improve the safety of construction sites. The results confirm the condition of the structures and the effectiveness of Bragg gratings, which makes them indispensable in modern construction and engineering.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе		
1	Оптикалық байланыстың даму сатылары	8
1.1	Қазіргі уақыттағы оптикалық талшықтар және сенсорлар	9
1.2	Брэгг торларының даму тарихы	10
1.3	Қолданыстағы деформацияны бақылау әдістеріне шолу	11
1.4	Талшықты-оптикалық сенсорлардың жұмыс принципі	13
2	Брэгг торларын орнату және бетон конструкцияларына біріктіру әдістемесі	14
2.1	Бетон конструкцияның деформацияға ұшырау жағдайлары	15
3	Бетон конструкцияларының бақылау үшін Брэгг торларын қолдану	18
3.1	Брэгг торларын қолданудың визуализациялау және өлшеу дәлдігі мен сенімділігін бағалау	19
3.2	Мониторинг нәтижелерінің құрылымдардың жұмысы мен қауіпсіздік жағдайлары	20
3.3	Зертханалық жағдайда деформацияны өлшеу нәтижелері	21
4	Болашақ зерттеулерге ұсыныстар	22
	Қорытынды	39
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	40

КІРІСПЕ

Қазіргі қоғамның инфрақұрылымында бетон конструкцияларын салу және оларға қызмет көрсету басты рөл атқарады. Көпірлер, ғимараттар, бөгеттер және бетоннан жасалған басқа да құрылыстар қала және көлік инфрақұрылымының негізгі элементтері болып табылады. Бұл құрылымдардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігі аймақтардың қауіпсіздігі мен экономикалық әл-ауқатына тікелей әсер етеді. Сондықтан бетон конструкцияларының жағдайын бақылау және олардың деформациясын дер кезінде анықтау инженерлер мен ғалымдардың басты міндетіне айналады.

Мұндай деформацияларды ерте анықтау және бақылау үшін әртүрлі технологиялар әзірленген. Жетілдірілген әдістердің бірі талшықты-оптикалық сенсорларды және Брэгг торларын пайдалану болып табылады. Бұл жетілдірілген жүйелер нақты уақыт режимінде жоғары дәлдік пен сезімталдықпен бетон конструкциясының деформациясын бақылауға мүмкіндік береді.

Талшықты-оптикалық сенсорлар оптикалық талшық арқылы өтетін жарық қарқындылығының өзгеруін өлшейді, тіпті ең кішкентай деформацияны жазуға мүмкіндік береді. Брэгг торлары, өз кезегінде, деректердің жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ететін талшықты-оптикалық кабель ұзындығының өзгеруін өлшеу үшін қолданылады.

Бетон конструкцияларының деформацияларын бақылау мен талдаудың мұндай жүйесі ықтимал проблемаларды тез анықтауға, төтенше жағдайларды болдырмауға және инфрақұрылымның беріктігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе құрылыстардың қауіпсіздігі қоғамның жайлы өмір сүруін қамтамасыз етуде басты рөл атқаратын қалалардың тұрақты өсуі және көлік желісінің дамуы жағдайында маңызды [1].

Бетон конструкцияларының жағдайын бақылаудың ең тиімді әдістерінің бірі талшықты-оптикалық сенсорлар, атап айтқанда, талшықты Брэгг торларын пайдалану болып табылады. Бұл құрылыстар нақты уақыт режимінде деформацияларды дәл және сенімді бақылауға мүмкіндік береді, бұл құрылымдардың қауіпсіздігін айтарлықтай арттырады. Механикалық тензометрлер сияқты дәстүрлі өлшеу әдістерінен айырмашылығы, талшықты-оптикалық сенсорлар бірнеше артықшылықтарды ұсынады, соның ішінде жоғары сезімталдық, ұзақ мерзімділік және оның тұтастығын бұзбай бетон құрылымына біріктіру мүмкіндігі.

Бұл дипломдық жұмыстың мақсаты бетон конструкцияларының деформацияларын бақылау және талдау үшін талшықты Брэгг торлары негізінде талшықты-оптикалық сенсорларға тұжырымдама жасау және қолдану аясын зерттеу болып табылады.

1 Оптикалық байланыстың даму сатылары

Оптикалық байланыстың эволюциясы технологиялық инновациялар мен ғылыми жаңалықтардың ақпарат алмасу тәсілін қалай өзгертетінінің таңғажайып мысалы болып табылады. Оптикалық байланыстың дамуын ежелгі дәуірден бастап талшықты-оптикалық байланыс желілерінде қолданылатын заманауи технологияларға дейінгі бірнеше негізгі кезеңдерден өтуге болады. Ақпаратты беру үшін жарықты пайдалану идеясы адамдар алыс қашықтықта байланысу үшін түтін, от және жарық сигналдарын пайдаланған ежелгі дәуірден басталады. Бұл деректер алмасу үшін оптикалық сигналдарды пайдалану жолындағы алғашқы қадамдар болды.

XIX ғасырда ғалымдар ақпаратты берудің оптикалық технологияларымен тәжірибе жасай бастады. Бір мысал, хабарларды алыс қашықтыққа жіберу үшін айна мен күн сәулесін пайдалану болды.

XIX ғасырдың аяғында арнайы оптикалық түтіктер арқылы жарық сигналдарының көмегімен кодталған хабарламаларды беру үшін қолданылатын оптикалық телеграф жүйелері жасалды. Бұл оптикалық байланыстың дамуындағы елеулі қадам болды.

XX ғасырдың екінші жартысы талшықты-оптикалық кабельдердің дамуымен оптикалық байланыстар үшін бетбұрыс жасады. Бұл үлкен көлемдегі деректерді ұзақ қашықтыққа аз шығынмен жіберуге мүмкіндік берді, бұл оптикалық байланысты дәстүрлі кабельдік жүйелерге тартымды балама етеді.

Қазіргі талшықты-оптикалық желілері технологияның дамуымен және жаңа материалдардың пайда болуымен талшықты-оптикалық байланыстар кең таралған және тиімді болды. Бүгінгі таңдағы талшықты-оптикалық желілер алыс қашықтықтарға жоғары жылдамдықты деректерді беруді қамтамасыз етеді, бұл оларды заманауи жаһандық коммуникациялардың негізіне айналдырады.

XX ғасырдың соңында даму сатысы осы кезеңде оптикалық байланыс WDM (Wave Division Multiplexing) және EDFA (Erbium Fiber Amplifier) жүйелерінің дамуымен қайта өрлеуді бастан кешірді. Бұл сигнал берудің өткізу қабілеті мен қашықтығын арттыруға мүмкіндік берді [2].

XXI ғасырдың басында интернет және оптикалық желілер дәуірі басында интернеттің дамуымен оптикалық байланыстар әлемдік коммуникациялық инфрақұрылымның негізгі құрамдас бөлігі болды. Көптеген провайдерлер Интернетке жоғары жылдамдықты қолжетімділікті қамтамасыз ету үшін оптикалық желілерді белсенді түрде дамыта бастады.

Даму перспективаларына сәйкес қазіргі уақытта кванттық ақпаратты беру үшін оптикалық сигналдарды пайдалану саласында зерттеулер жүргізілуде, бұл қауіпсіз және тиімді байланыс жүйелерін дамыту үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

Оптикалық байланыстарды дамытудың бұл кезеңдері адамзаттың ақпаратты беру әдістерін жетілдіруге және адамдар мен жалпы әлем арасындағы байланыс шекараларын кеңейтуге тұрақты үмтылысын көрсетеді.

1.1 Қазіргі уақыттағы оптикалық талшықтар және сенсорлар

Қазіргі заманғы оптикалық талшықтар мен сенсорлар заманауи коммуникациялар мен сенсорлық жүйелердің негізгі құрамдас бөліктері болып табылады. Олар ақпаратты беруде және әртүрлі параметрлерді өлшеуде негізгі рөл атқарады. Олардың негізгі жұмыс принциптерін және заманауи технологиялық жетістіктерді қарқын алып келеді.

Оптикалық талшықтар - бұл жарық сигналдарын ұзақ қашықтыққа жібере алатын шыныдан жасалған кабель. Жарық энергиясын өз ішінде сақтау үшін олар толық ішкі шағылысу принципін пайдаланады, бұл деректерді берудің жоғары жылдамдығын және ең аз шығындарды қамтамасыз етеді.

Қазіргі заманғы оптикалық талшықтардың бірқатар артықшылықтары бар. Біріншіден, олар үлкен көлемдегі деректерді ұзақ қашықтыққа тасымалдауға мүмкіндік беретін жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді. Екіншіден, олар шағын және жеңіл, бұл оларды коммуникациялар мен сенсорлық технологияларда қолдануға өте ыңғайлы етеді.

Оптикалық талшықтарды пайдаланатын сенсорлар температура, деформация, қысым және ортаның құрамы сияқты әртүрлі параметрлерді өлшей алады. Мұндай сенсорлардың жұмыс принципі өлшенетін параметрдің өзгеруіне жауап ретінде оптикалық талшық арқылы өтетін жарық сигналының өзгеруіне негізделген [3].

Мысалы, талшықты деформация сенсорлары көпірлер немесе құбырлар сияқты инфрақұрылымның жағдайын бақылау үшін пайдаланылуы мүмкін. Деформацияны өзгерту жарық сигналының сипаттамаларының өзгеруін тудырады, бұл деформацияның орнын және дәрежесін дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Оптикалық сенсорлар медицинада қандағы оттегі деңгейі немесе қан қысымы сияқты физиологиялық параметрлерді өлшеу үшін де кеңінен қолданылады. Олардың жоғары дәлдігі және өлшенетін объектіге ең аз әсер етуі оларды медициналық құрылғыларда пайдалану үшін қолайлы етеді.

Оптикалық талшықты және сенсорлық технологиялар байланыс, мониторинг және медициналық қолданбаларда жаңа мүмкіндіктер ашатын дамуды жалғастыруда. Тиімділігі мен әмбебаптығына байланысты олар заманауи технологияның маңызды құрамдас бөлігі болып қала береді.

Оптикалық талшық немесе жарық бағыттағыш - үш қабаттан тұратын икемді және мөлдір цилиндрлік өзек, қаптама және жабын. Ол негізінен жарықтың толық ішкі шағылысу құбылысын қолдана отырып, негізінен диаметрі 6-дан 62,5 мкм-ге дейінгі ядроның ішінде таралатын сигнал қарқындылығы модуляцияланған жарық толқыны болып табылатын байланыс жүйелерінде сигнал беру үшін қолданылады [4,5].

Оптикалық талшық түрлері әдетте жіктелетін төрт негізгі параметрге мыналар жатады: режимдер саны (көп режимді және бір режимді), сыну көрсеткішінің профилі (қадамдық, параболалық және арнайы), дисперсия параметрінің түрі D сипаттамасы және таңба дисперсиясының параметрі D (оң

және теріс). Оптикалық талшықтың негізі екі типтік түрге бөлінеді олар: бірмодалы және көпмодалы.

Көпмодалы талшық (MMF - Multimode Fiber):

- Сипаттама бойынша жарықтың бірнеше режимдерден немесе жолдардан өтуіне мүмкіндік береді.
- Өзек диаметрі: әдетте 50 микрон немесе 62,5 микрон.
- Дисперсияға байланысты шектеулі тасымалдау ұзақтығы.
- Қолдану аясы ғимараттар мен кампустардың ішінде жергілікті желілер (LAN) сияқты қысқа қашықтықтарда қолданылады.

Бірмодалы талшық (SMF - Singlemode Fiber):

- Сипаттама бойынша тек бір режимнің жарығын жібереді.
- Өзек диаметрі: шамамен 9 микрон.
- Минималды дисперсияға байланысты ұзақ қашықтыққа жарамды.
- Қолданылуы: телекоммуникация, WAN және магистральдық желілерде қолданылады.

Оптикалық сенсорлардың түрлері сәйкес интерферометр негізіндегі сенсорларды атап өткен жөн. Қысым, температура және деформация сияқты қоршаған ортадағы өзгерістерді өлшеу үшін жарық кедергісін пайдаланады.

Майкельсон және Фабри-Перо интерферометрлері - жарық жолының ұзындығындағы нақты өзгерістерді өлшейді.

Фазаға сезімтал интерферометрлері - діріл мен акустикалық толқындарды анықтау үшін қолданылады.

Шашырауға негізделген сенсорлар талшықтағы шашыраңқы жарықтың өзгерістері талданады.

Раман шашырауы - температура мен химиялық құрамды өлшеуді қамтамасыз етеді.

Бриллюэн шашырауы - талшық бойындағы деформация мен температураны өлшеу үшін қолданылады.

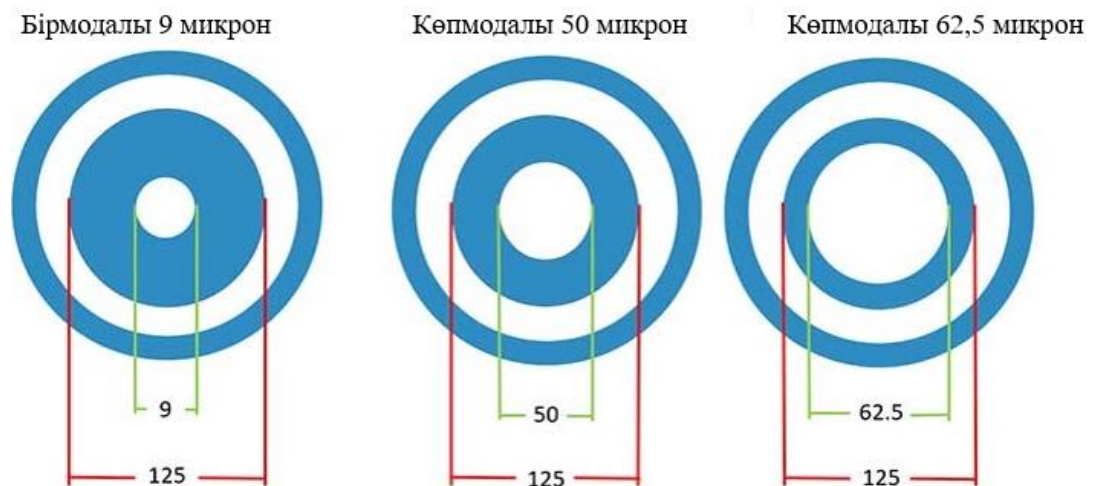
Пекарр эффектiсіне негізделген сенсорлар.

Жұмыс принципі бойынша физикалық әсерге (температура, қысым және т.б.) байланысты шағылған жарықтың толқын ұзындығын өзгерту болып табылады.

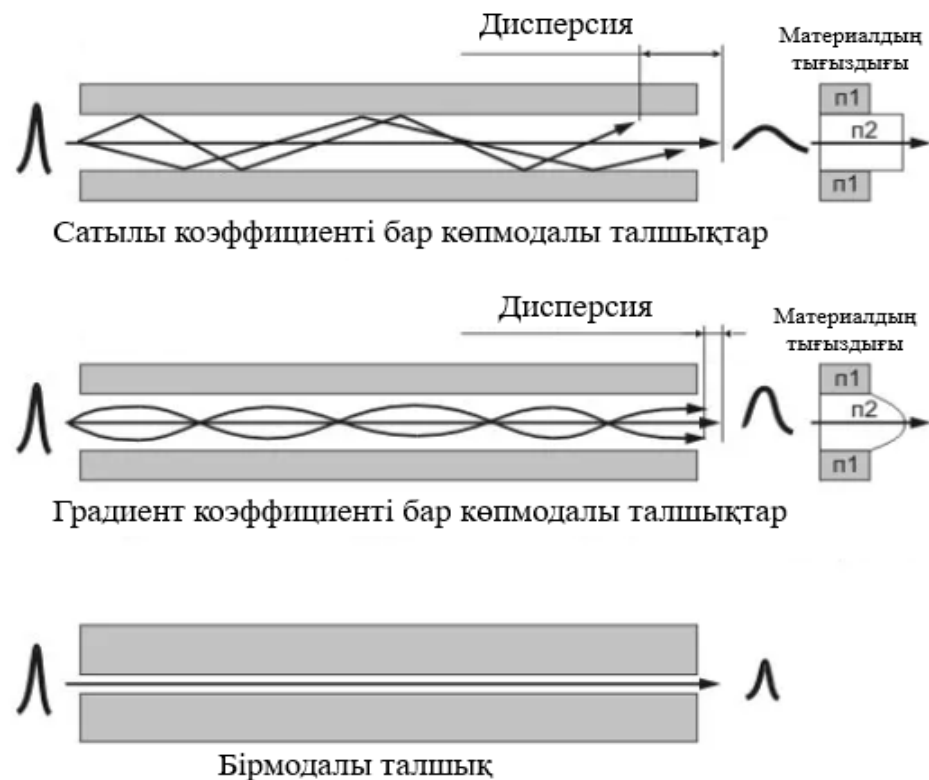
Талшықты Брэгг торлары бар датчиктер (FBG - Fiber Bragg Grating).

Оптикалық сіңіру сенсорлары жұмыс принципі орта жұтқан жарық қарқындылығының өзгеруін өлшейді. Қолданылуы аясы химиялық заттар мен газдардың концентрациясын анықтау болып табылады.

ISO/IEC 11801 стандарты өткізу қабілеттілігімен ерекшеленетін мультимодалы оптикалық талшықтардың төрт санатын - OM1, OM2, OM3 және OM4 анықтайтынын атап өткен жөн. Бұл санаттар Gigabit Ethernet үшін максималды беру ауқымын анықтайды.



1.1-сурет – Оптикалық кабель түрлері және жалпы сипаттама



1.2-сурет – Оптикалық кабель сигнал таралу сипаттамасы

1.2 Брэгг торларының даму тарихы

Брэгг торлары (Bragg Gratings) заманауи оптикалық жүйелер мен телекоммуникацияларда маңызды рөл атқарады және олардың дамуы XX ғасырдың басында ашылғаннан бастап бірнеше негізгі кезеңдерден өтті.

Брэгг эффектінің ашылуы 1913 жылы ағылшын физиктері Уильям Лоуренс Брэгг пен оның әкесі Уильям Генри Брэгг кристалдардағы рентгендік дифракция

заңын ашты, ол кейіннен Брэгг заңы деп аталды. Бұл заң кристалдың атомдық жазықтықтарынан шағылысқан рентген сәулелерінің кристалдардың құрылымын анықтауға мүмкіндік беретін конструктивті түрде кедергі жасау жағдайын сипаттайды. 1915 жылы бұл жаңалық үшін олар физика бойынша Нобель сыйлығын алды.

Оптикалық талшықта қолдануы алпыс жылға жуық уақыттан кейін, 1978 жылы, ғалым Кен Хилл және Канададағы телекоммуникацияны дамыту ғылыми-зерттеу орталығының әріптестері алғаш рет оптикалық талшықта мерзімді құрылымдар жасау үшін Брэгг принципін қолданды. Олар талшықты қарқынды ультракүлгін сәулемен сәулелендірді, бұл әсер ету орындарында сыну көрсеткішінің өзгеруіне әкелді. Осылайша, жарықтың белгілі бір толқын ұзындығын көрсете алатын брэггтың оптикалық торлары жасалды.

Технологияны дамыту және қолдану 1980-1990 жылдары брэггтың оптикалық тор технологиясы айтарлықтай дамыды. Өзірлемелер дәлірек және күрделі торларды жасау үшін фотолитография және голографиялық экспозиция әдістерін қамтыды. Осы жақсартулардың нәтижесінде Брэгг торлары әртүрлі салаларда кеңінен қолданылды [6].

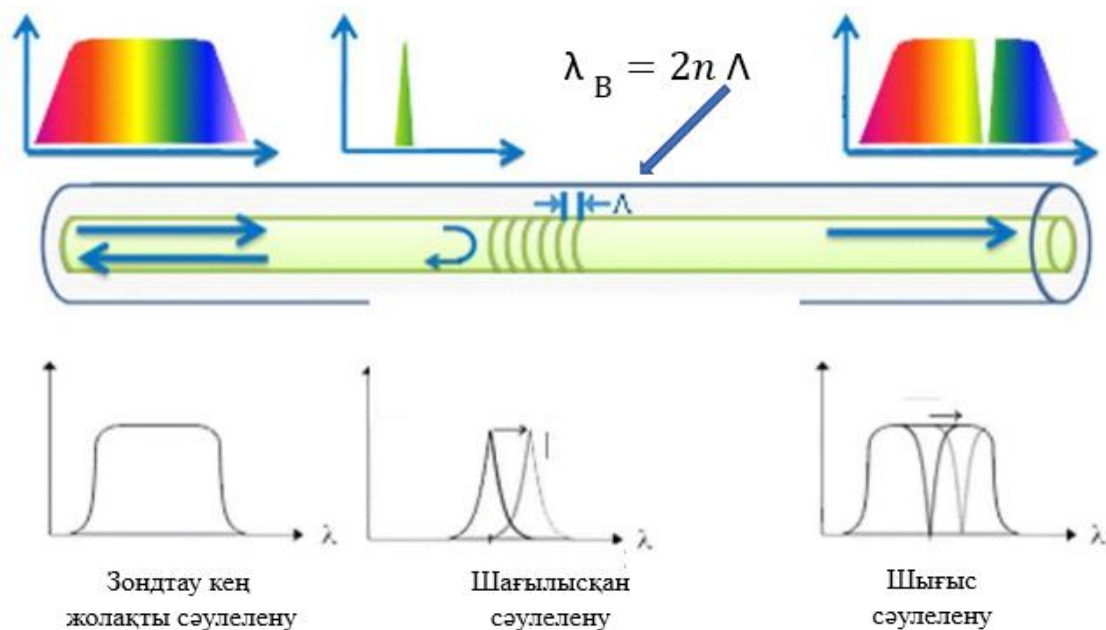
Телекоммуникация - дисперсияны сүзу, дуплекстеу және өтеу үшін талшықты-оптикалық жүйелерде қолданылады.

Сенсорлар - өнеркәсіптік және ғылыми қосымшаларда температура, деформация және қысымды қоса алғанда, әртүрлі физикалық шамаларды өлшеу үшін қолданылады.

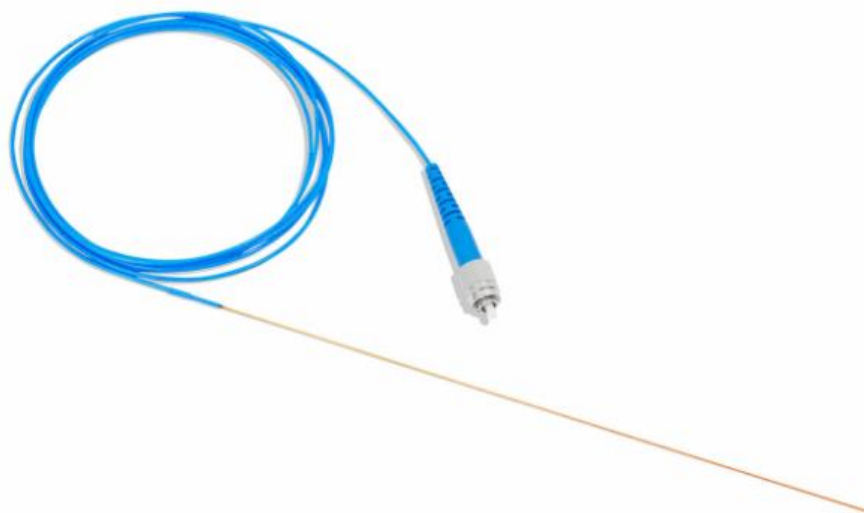
Лазерлер - талшықты лазерлер мен күшейткіштерде шағылысатын элементтер ретінде қолданылады.

Қазіргі жетістіктер соңғы жылдары Брэгг торларының дамуы дамып келеді. Заманауи технологиялар жоғары дәлдіктегі параметрлермен торлар жасауға мүмкіндік береді, бұл оларды қолданудың жаңа мүмкіндіктерін ашады.

Брэгг торының даму тарихы іргелі физикалық ашылудың маңызды технологиялық инновацияларға қалай әкелетінін және ғылым мен техниканың әртүрлі салаларына қалай әсер ететінін көрсетеді. Алғашқы рентгендік эксперименттерден бастап қазіргі заманғы жоғары дәлдіктегі оптикалық құрылғыларға дейін Брэгг торлары зерттеулер мен өнеркәсіпте маңызды құрал болып қала береді.



1.3-сурет – Брэгг торлы оптикалық кабель



1.3-сурет – 1550 нм диапазондағы Брэгг торы бар оптикалық кабель

1.3 Қолданыстағы деформацияны бақылау әдістеріне шолу

Бетондардағы деформацияны бақылау құрылыс индустриясындағы маңызды міндет болып табылады, өйткені ол құрылыс конструкцияларының сенімділігі мен беріктігін қамтамасыз етеді. Бетондағы деформацияларды өлшеу үшін қолданылатын әртүрлі әдістер бар, соның ішінде дәстүрлі және заманауи технологиялар. Олардың негізгілерін қарастырайық:

Механикалық әдістер бойынша Стрейн-гейджи (жүктеме ұшықтары) механикалық деформацияны өлшеудің ең кең таралған әдістерінің бірі болып

табылады. Олар бетонның бетіне жабысатын сезімтал элементтер. Бетон деформацияланған кезде стрейн-гейдждің электр кедергісі өзгереді, бұл кернеу мен деформацияны өлшеуге мүмкіндік береді.

Дилатометрлер әртүрлі жүктемелер кезінде бетон үлгілерінің ұзындығының өзгеруін өлшеу үшін қолданылады. Бұл құрылғылар контактілі (механикалық) немесе контактісіз (оптикалық) болуы мүмкін.

Оптикалық әдістер бойынша интерферометриялық әдістер объектілердің ұзындығының немесе пішінінің өзгеруін өлшеу үшін жарық толқындарының интерференциясын қолданады. Олар жоғары дәлдік пен ажыратымдылықты қамтамасыз етеді, бірақ сыртқы жағдайларға сезімтал болуы мүмкін.

Фотограмметрия нысанды әртүрлі бұрыштардан түсіруді және үш өлшемді модельді алу үшін кескіндерді өңдеуді қамтиды. Бұл әдіс үлкен беттерде және жету қиын жерлерде деформацияларды басқаруға мүмкіндік береді.

Талшықты-оптикалық әдістер бойынша датчиктер оптикалық талшық деформацияланған кезде жарық сигналының сипаттамаларының өзгеруіне негізделген. Олар деформацияларды үлкен қашықтықта және қиын жағдайларда өлшей алады [7,8,9].

Брэгг торлары (FBG) оптикалық талшықтағы Брэгг торлары деформацияны өлшеудің жоғары дәлдігі болып табылады. Олар талшықтың деформациясы кезінде шағылысу толқын ұзындығын өзгертеді, бұл кернеу мен деформация деңгейін анықтауға мүмкіндік береді.

Электромагниттік әдістер бойынша Эдди-ток датчиктері бұл сенсорлар деформация кезінде бетонның электр өткізгіштігінің өзгеруін өлшеу үшін айнмалы магнит өрісін пайдаланады. Олар көбінесе бетонның сапасын бақылау және жарықтарды анықтау үшін қолданылады.

Ультрадыбыстық әдістер бұл әдіс бетонның ішкі құрылымын бейнелеу үшін ультрадыбыстық толқындарды қолданады. Ультрадыбыстың өтуіндегі өзгерістер ақаулар мен деформацияларды анықтауға мүмкіндік береді.

Акустикалық эмиссия бетонда жарықтар мен деформациялар пайда болған кезде пайда болатын жоғары жиілікті дыбыс толқындарын тіркеуден тұрады. Бұл әдіс зақымдануды ерте кезеңдерде анықтауға мүмкіндік береді.

Осы қолданып жатқан датчиктердің барлығы дерлік бетон құрылымындағы деформацияны анықтау және оның алдын алуға негізделген [10].

Өздеріңіз білетіндей, бетон конструкцияларында көптеген жарықтар пайда болады. Олардың тек 20% - ы жүктемелерден туындайтыны жалпы қабылданған. Жарықтардың көпшілігі шөгуден, құрылыс кезінде ылғалдану процесінде біркелкі емес қызудан, қатаюдың төмендеуінен, температураның деформациясынан және кейінгі кезеңдерде жүктемесіз деформацияның шектелуінен туындайды. Бұл жарықтар бетон конструкцияларының беріктігін айтарлықтай төмендетеді. Бетон конструкцияларының беріктігін және қоғамның тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін жарықтардың пайда болуы мен дамуын бақылау өте маңызды. Жүктемелерден туындаған жарықтармен салыстырғанда, жүктелмеген жарықтармен, әсіресе шөгінділермен күресу практикалық тұрғыдан маңыздырақ.



1.4-сурет – Жарықша пайда болған бетон конструкциясы

Талшықты-оптикалық сенсорлар (FOS) құрылыс құрылымдарының әртүрлі параметрлерін өлшеуге мүмкіндік беретін азаматтық құрылыста маңызды рөл атқарады. Оларды осы құрылымдардың физикалық және химиялық қасиеттерін өлшеу үшін пайдалануға болады. FOS көмегімен өлшенетін параметрлердің бірі-оптикалық талшық арқылы өтетін жарық қарқындылығының өзгеруі. Бұл өзгеріс оптикалық талшықтағы иілудің жоғалуына байланысты болуы мүмкін. Талшық қисықтығының өзгеруі иілуден туындаған қисықтық радиусына байланысты жарық қарқындылығының өзгеруіне әкеледі [11,12].

Әр түрлі FOS конфигурациялары бар және олардың ешқайсысы бірегей емес. Әрбір конфигурацияның артықшылықтары мен кемшіліктері бар және белгілі бір конфигурацияны таңдау қолданбаның нақты талаптарына байланысты. Бұл механизм құрылыс құрылымдарындағы иілуді жоғары дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді.

Тұтастай алғанда, талшықты-оптикалық сенсорлар құрылыс құрылымдарының күйін бақылаудың қуатты құралы болып табылады және құрылыс процестерінің қауіпсіздігі мен тиімділігін айтарлықтай жақсарта алады.

1.4 Талшықты-оптикалық сенсорлардың жұмыс принципі

Талшықты-оптикалық сенсорлар температура, қысым, деформация және т.б. сияқты әртүрлі физикалық параметрлерді өлшеу үшін оптикалық талшықтарды пайдаланады. Олардың жұмыс принципі сыртқы әсерлерге жауап ретінде оптикалық талшық арқылы таралатын жарық сипаттамаларының өзгеруіне негізделген [13]. Сенсорлардың жұмысын анықтайтын негізгі компоненттер мен процестер аспектілерді қамтиды.

Негізгі компоненттер ретінде жарық көзі оптикалық талшыққа енгізілетін жарық сигналын шығарады. Әдетте лазерлер немесе жарық диодтары қолданылады.

Оптикалық талшық ретінде жарық сигналын беру құралы ретінде қызмет етеді. Ол қолданбаға байланысты бір немесе көп режимді болады. Модулятор қоршаған ортадағы физикалық өзгерістерге жауап ретінде жарық сигналының сипаттамаларын өзгертеді. Детектор өзгертілген жарық сигналын қабылдайды және талдайды, оны әрі қарай өңдеу үшін электр сигналына айналдырады.

Өңдеу құрылғысы детектордан алынған деректерді талдайды және оны өлшенетін параметрлерге сәйкес түсіндіреді. Жарық қарқындылығының өзгеруі иілу, микрожарықтар немесе талшықты сіңіру коэффициентінің өзгеруі нәтижесінде болуы. Мысалы, талшық деформацияланған немесе иілген кезде жарықтың бір бөлігі жоғалуы мүмкін, бұл шығуда қарқындылықтың өзгеруіне әкеледі.

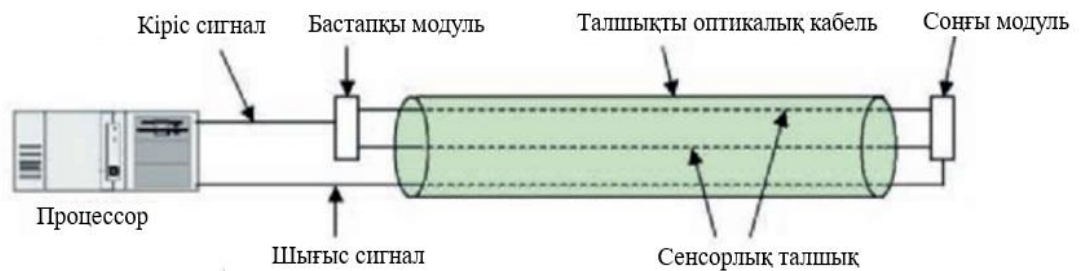
Толқын ұзындығының өзгеруі Брэгг торлары Оптикалық талшықта белгілі бір толқын ұзындығында жарықты көрсететін периодты құрылымдар Брэгг торлары жасалады.

Температура немесе деформация өзгерген кезде тордың қадамы өзгереді, бұл шағылысқан толқын ұзындығының сдисуына әкеледі, бұл параметрлерді дәл өлшеуге мүмкіндік береді. Фазалық модуляция оптикалық талшық жарықтың оптикалық жолын өзгертетін сыртқы әсерге ұшыраған кезде пайда болады [14]. Фазалық өзгерістерді Майкельсон интерферометрі немесе Фабри-Перо сияқты интерферометрлер арқылы өлшеуге болады, бұл қысымды, дірілді және басқа механикалық әсерлерді анықтауға мүмкіндік береді. Оптикалық талшықтағы жарықтың поляризациясы механикалық деформациялардың немесе магнит өрістерінің әсерінен өзгеруі мүмкін.

Поляризациялық өзгерістерді талдау қысымды, кернеуді және басқа параметрлерді өлшеуге мүмкіндік береді. Жоғары дәлдік пен сезімталдық бойынша талшықты-оптикалық сенсорлар физикалық параметрлердегі шамалы өзгерістерді өлшей алады. Олар электромагниттік кедергілерге ұшырамайды, бұл оларды қиын жағдайларда қолдануға өте ыңғайлы етеді.

Оптикалық талшықтардың диаметрі кішкентай және оларды жету қиын жерлерде орнатуға болады. Талшықты сенсорлар химиялық және физикалық әсерлерге төзімді, бұл олардың қызмет ету мерзімін ұзартады [15,16].

Талшықты-оптикалық сенсорлар қолданбалардың кең ауқымында әртүрлі физикалық параметрлерді өлшеудің тиімді және сенімді шешімін ұсынады. Олардың жұмыс принципі өлшеудің жоғары дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ететін сыртқы әсерлерге жауап ретінде жарық сигналының сипаттамаларын өзгертуге негізделген.



1.5-сурет – Талшықты-оптикалық сенсордың жұмыс принципі

Талшықты-оптикалық сенсордың екі негізгі жұмыс принципі бар олар:

Нақты сенсорлар - олар негізгі элемент ретінде таңдау айналарын пайдаланады. Бұл айналар жарықты белгілі бір толқын ұзындығында көрсетеді, бұл сенсорға температура немесе қысым сияқты әртүрлі параметрлерді анықтауға мүмкіндік береді.

Таратылған сенсорлар - бұл сенсорлар талшықтың бүкіл ұзындығы бойынша температура деңгейін бақылау үшін қолданылады. Олар талшықтың әртүрлі нүктелеріндегі температураның өзгеруін анықтай алады, бұл оларды үлкен аумақтарды бақылауға өте ыңғайлы етеді.



1.6-сурет – Талшықты-оптикалық сенсордың түрлері

Талшықты-оптикалық сенсорлар әртүрлі салаларда қолданылады, соның ішінде: тау-кен өнеркәсібі, мұнай өндіру саласы, энергетика, ғылым саласы, медицинада және авиация, құрылыс және коммуникациялар салаларында кәзір қарқын алып келе жатқан жаңа бағыттардың бірі [17].

2 Брэгг торларын орнату және бетон конструкцияларына біріктіру әдістемесі

Брэгг торларын бетон конструкцияларына біріктіру осы конструкциялардың күйі мен техникалық сипаттамасын нақты уақытта тиімді бақылауға мүмкіндік береді. Дәл және сенімді өлшемдерге қол жеткізу үшін сенсорларды дұрыс орнату және біріктіру маңызды. Осы процестің негізгі кезеңдерін қарастырылған. Брэгг торларын дайындау оптикалық талшықты таңдау барысында біріктірілген Брэгг торлары (FBG) бар оптикалық талшықтар қолданылады. Әдетте өлшеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз ететін бір режимді талшықтар таңдалады. Сенсорларды орнатпас бұрын, температура мен деформация өзгерген кезде бастапқы параметрлер мен түзетулерді анықтау үшін әрбір Брэгг торы калибрленеді.

Талшықты қорғау үшін сыртқы жабынмен қапталу қажет себебі оптикалық талшықтар полимерлі жабындармен немесе арнайы қорғаныс түтіктерімен механикалық зақымданудан және химиялық әсерден қорғайды. Құрылымды дайындау барысында орнату орындарын анықтап алу қажет өлшеу қажет болатын маңызды құрылымдық аймақтар таңдалады. Бұл жоғары жүктеме, болжамды жарықтар немесе басқа да маңызды деформациялар болуы мүмкін жерлерге орнатылуы қажет. Экономикалық жағдайларға байланысты Брэгг торлары бар сенсорлардың қымбат болуына байланысты олардың орнатылатын жерлер сенімді байланыс пен адгезияны қамтамасыз ету үшін шаңнан, кірден және кедір-бұдырлардан қорғалу қажет. Сенсорларды бекіту кезінде екі жағдайда орната аламыз ол беттік, және тікелей бетонға енгізу. Беттік орнату кезінде Брэгг торларын бетон бетіне арнайы желімдер немесе эпоксидті шайырлар арқылы бекітуге болады. Деформацияларды дәл өлшеу үшін сенсордың бетіне мықтап бекітілуін қамтамасыз ету маңызды.

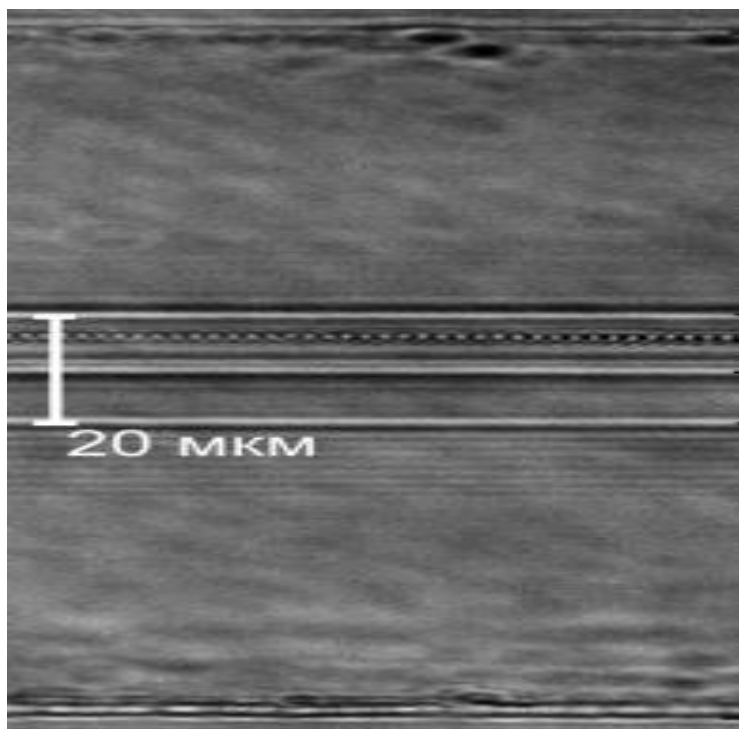
Бетонға енгізу кезінде дәлірек бақылау үшін бетон құрылымына Брэгг торларын енгізуге болады. Ол үшін талшықтар бетон құйылғанға дейін қалыптың ішіне орналастырылады.

Кабельдік арналар бойынша оптикалық талшықтарды орнату орнынан деректерді жинау және өңдеу орнына өткізу үшін кабельдік арналар немесе қорғаныс түтіктері салынады. Талшықтарды механикалық зақымданудан және қоршаған ортаның әсерінен қорғауды қамтамасыз ету ең маңызды жұмыстың бірі. Қорғау және тығыздау нәтижесі бойынша талшықтар мен қосылыстардың шығатын жерлері ылғалдан және басқа агрессивті әсерлерден қорғау үшін тығыздалады. Мұны тығыздағыштармен немесе арнайы қорғаныс қақпақтарымен жасауға болады. Оқу жүйесіне қосылу барысында оптикалық талшықтар деректерді оқу және талдау үшін спектрометрлерге немесе басқа құрылғыларға қосылады. Жоғары сапалы қосқыштарды пайдалану және сенімді контактіні қамтамасыз ету керек. Сенсорлардың орнатылғаннан және қосылғаннан кейін жүйені калибрлеу бастапқы шарттарды есепке алу және ықтимал ауытқуларды түзету үшін жүзеге асырылады. Деректерді бақылау және талдау үшін арнайы компьютерлік бағдарлама бойынша нәтижелер мен деректерді жинау жүйе құрылымның күйі туралы деректерді үздіксіз немесе

мезгіл-мезгіл жинайды. Өлшемдер толқын ұзындығының деформациялармен және температураның өзгеруімен байланысты өзгеруін қамтуы қамтамасыз етіп отырады.

Алынған нәтижелерге анализ жасалынып талдау және түсіндіру алынған мәліметтер мамандандырылған бағдарламалық жасақтаманың көмегімен талданады. Бұл ауытқуларды анықтауға, ықтимал зақымдануды болжауға және олардың алдын алу үшін шаралар қабылдауға мүмкіндік береді [18].

Негізгі Брэгг торларын бетон конструкцияларына біріктіру мүжіят дайындықты және орнатудың барлық қадамдарын дәл орындауды қажет етеді. Сенсорлардың дұрыс орнату және калибрлеу, бұл құрылымдардың күйін тиімді бақылауға және ықтимал мәселелерді уақтылы анықтауға мүмкіндік береді.



2.1-сурет – Брэгг торларын бетон конструкцияларына біріктіру кезіндегі тікелей енгізу

2.1 Бетон конструкцияның деформацияға ұшырау жағдайлары

Бетон конструкциялары жұмыс кезінде әртүрлі деформацияларға ұшырайды. Бұл деформациялар ішкі және сыртқы деп бөлуге болатын көптеген факторлардың әсерінен пайда болуы мүмкін. Деформацияға әкелетін жағдайларды және туындайтын мәселелерді түсіну бетон конструкцияларының беріктігі мен сенімділігін қамтамасыз етудің кілті болып табылады.

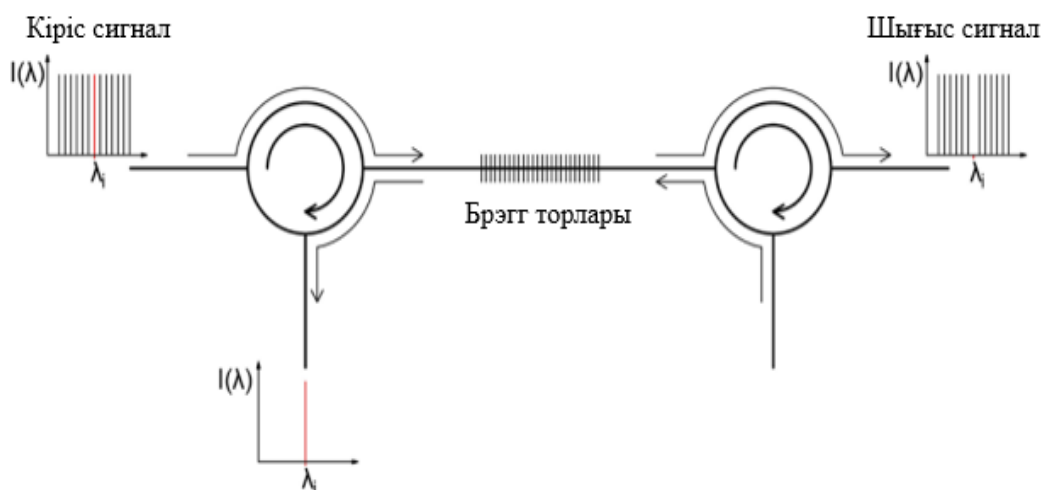
Бетон құрылымының деформация ұшырау жағдайлары механикалық жүктемелер және статикалық жүктемелер болып бөлінеді. Құрылымның өз салмағы, жабдықтары және құрылыс элементтері сияқты тұрақты жүктемелер болады. Температура әсерлері бойынша температураның ауытқуы қоршаған

орта температурасының тәуліктік және маусымдық өзгеруі негізгі фактор болып табылады. Күн сәулесі немесе ылғалдандыру процестері сияқты ішкі жылу көздері мен ылғалдылық жағдайлары бетонның кептіру кезінде шөгу ылғалдың жоғалуы оның кішіреюіне әкеледі. Ылғалдылық әсерлері тек қана бетонға емес ішкі структураларында кездесетін арматурлардың коррозияға ұшырауы болып табылады. Жарықтың пайда болуы бойынша шөгілетін жарықтар кептіру кезінде бетонның шөгуі нәтижесінде пайда болады сонымен қатар температуралық жарықтар температураның ауытқуы және біркелкі емес қыздыру кезінде пайда болады және механикалық жарықтардың болуы. Беріктіктің жоғалуы жүктеме кезіндегі деформациялар ұзақ статикалық жүктемелерге байланысты беріктіктің біртіндеп жоғалуы фактор болып табылады. Тығыздау жеткіліксіз болғандықтан бетон қоспасын төсеу кезінде біркелкі емес тығыздау нәтижелері макро және микро жарықшалардың пайда болуына алып келеді [19].

3 Бетон конструкцияларының бақылау үшін Брэгг торларын қолдану

Оптикалық арналарды спектрлік мультиплекстеу (WDM, Wavelength Division Multiplexing) шын мәнінде талшықты-оптикалық байланыс желілерінің өткізу қабілетін арттырудың негізгі шешімі болды. CWDM бірнеше оптикалық сигналдарды бір уақытта бір талшыққа, әрқайсысы өзінің ерекше толқын ұзындығына жіберуге мүмкіндік береді. Бұл жүйенің жалпы өткізу қабілеттілігін едәуір арттырады, сол талшық арқылы көбірек деректерді жіберуге мүмкіндік береді. Осылайша, WDM талшықты-оптикалық инфрақұрылымды тиімді пайдалануға ықпал етеді, бұл әсіресе тасымалданатын деректер көлемі мен пайдаланушылар санының жылдам өсуі жағдайында маңызды. Бұл WDM-ді заманауи телекоммуникациялық жүйелердегі негізгі технологиялық шешімдердің біріне айналдырады.

Талшықты Брэгг торлары жеке спектрлік арналарды енгізу және шығару үшін құрылғыларда сәтті қолданылады. Белгілі бір толқын ұзындығындағы жоғары шағылысу, минималды шығындар, жоғары толқын ұзындығының селективтілігі және төмен кроссовер сияқты қасиеттеріне байланысты WDM жүйелерінде пайдалану үшін тамаша таңдау болды.



3.1-сурет – Брэгг торларын орналастыру кезеңдері

Бір уақытта бірнеше оптикалық арналарды күшейту үшін күшейткіште қолданылатын спектрлік диапазонда (шамамен 1550 нм) тұрақты толқын ұзындығы болуы керек, ал бұл коэффициенттің өзгеруі әдетте децибелдің оннан бірнеше бөлігінен аспауы керек. Алайда, эрбий күшейткіштерінде әр түрлі факторларға, соның ішінде эрбий ионының концентрациясына, оның жергілікті ортасына, толқын ұзындығына және оптикалық айдау қарқындылығына, сондай-ақ жарық өткізгіштің ұзындығына байланысты әсер етуі мүмкін айтарлықтай спектрлік ауытқулар бар. Талшықты торларды күшейту спектрін өзгерту, оны тегістеу немесе сигналдарды күшейткеннен кейін пайда болатын спектрлік бұрмалануларды түзету үшін пайдалануға болады.

Талшықты Брэгг торы тудыратын резонанстық толқын ұзындығы жарық өткізгіштің өзегінің тиімді сыну көрсеткішімен және осы көрсеткіштің модуляция кезеңімен анықталады. Бұл екі параметр, өз кезегінде, сыртқы деформациялық кернеулер мен температураның әсерінен өзгерістерге ұшырайды. Демек, деформация мен температурадан туындаған шағылыстың орталық толқын ұзындығыныңмещысуын белгілі бір математикалық өрнек арқылы көрсетуге болады [20].

Соны нәтижесінде бетон конструкцияларының беріктігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін деформацияны тудыратын жағдайларды ескеру және бақылау маңыздылығы басты рөлде болғандықтан талшықты-оптикалық сенсорларды пайдалану сияқты заманауи бақылау әдістерін қолдану зақымдану мен бұзылудың алдын алу шараларын қолдана отырып, деформацияларды уақтылы анықтауға және талдауға мүмкіндік беру үшін талшықты-оптикалық жүйе ұсынылды.

$$\Delta\lambda_B = 2 \left(\lambda \frac{\partial n}{\partial l} + n \frac{\partial \lambda}{\partial l} \right) \Delta l + 2 \left(\lambda \frac{\partial n}{\partial T} + n \frac{\partial \lambda}{\partial T} \right) \Delta T \quad (3.1)$$

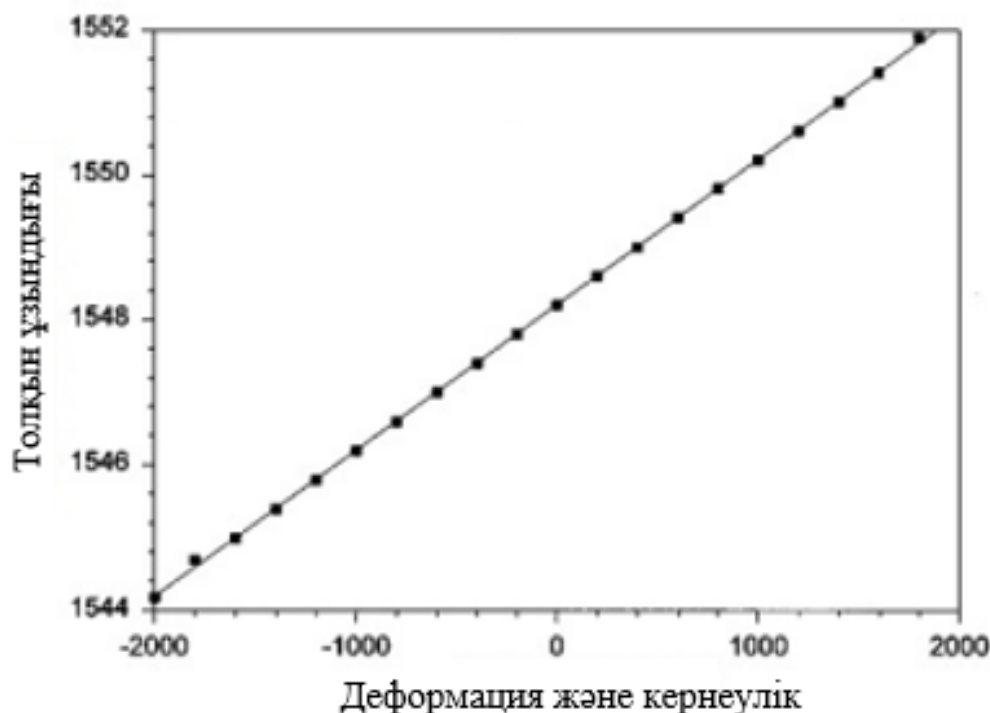
формуланы ары қарай қорытындыласақ яғни Пуассон коэффициентін енгіземіз:

$$p_B = \frac{n^2}{2} [p_{12} - \nu(p_{11} + p_{12})] \quad (3.2)$$

Бірмодалық оптикалық кабель үшін бірінші ретті қуатын мәні: $p_{11} = 0,113$, екінші ретті қуатын мәні: $p_{12} = 0,252$ ал Пуассон коэффициентін мәні: $\nu = 0,16$, ал толқын ұзындығынның сыну көрсеткішінің мәні: $n = 1,452$ бұл мәндер 1550 нм толқын ұзындығында ғана жүзеге асады.

Есептік нәтижелер бұл оптикалық кабельдің сезімталдық арттыру мақсатында қолданылады яғни бұл дегеніміз бетонға негізделген оптикалық кабель арқылы деформацияны және кернеулерді нақты уақыт режимінде анықтауға септігін тигізеді.

$$p_B = \frac{1,452^2}{2} [0,252 - 0,16(0,113 + 0,252)] = 0,204 \mu\epsilon \quad (3.3)$$



3.2-сурет – Алынған нәтижелер бойынша Matlab бағдарламасындағы Толқын ұзындығының деформация мен кернеулікке қатынасы

3.1 Брэгг торларын қолданудың визуализациялау және өлшеу дәлдігі мен сенімділігін бағалау

Оптикалық талшықтарға біріктірілген Брэгг торлары бетон конструкцияларындағы деформациялар мен басқа параметрлерді бақылау үшін жоғары дәлдіктегі және сенімді деректерді ұсынады. Бұл өлшемдердің дәлдігін визуализациялау және бағалау деректерді дұрыс түсіндіру және құрылымдардың күйін басқару бойынша негізделген шешімдер қабылдау үшін өте маңызды. Брэгг торларынан (FBG) жиналған мәліметтер бетондағы деформациялар мен температураның өзгеруіне байланысты толқын ұзындығының өзгеруін қамтиды. Деректерді жинау үшін FBG сенсорларына қосылған спектрометрлер немесе оптикалық анализаторлар қолданылады. Деректер кейінірек талдау және визуализация үшін орталықтандырылған серверге немесе жұмыс станциясына нақты уақыт режимінде беріледі.

Мониторингтің жеделдігін қамтамасыз ету үшін жоғары жылдамдықты және төмен кідірісті деректерді беру хаттамалары қолданылады [21]. Simulink және MATLAB бағдарламасында деформациялар мен температураның өзгеруінің графикалық көрінісін қамтамасыз ететін өзгерістерді модельдеу және визуализациялау үшін қолданамыз. Бүкіл құрылым бойынша деформациялар мен кернеулердің таралуын көрсету үшін қолданылады. Негізгі сызықтар мен толқын ұзындығының өзгеру коэффициенттерін механикалық деформациялар мен температураның өзгеруіне орнату үшін FBG датчиктерін орнатпас бұрын бастапқы нәтижелермен салыстыру қажеттілігі туындайды. Деректерді FBG

сенсорлары мен дәстүрлі деформация сенсорлары сияқты басқа жоғары дәлдіктегі құралдардың өлшеу нәтижелерімен салыстыру қажет.

Өлшеу дәлдігін тексеру үшін белгілі сипаттамалары бар бақылау үлгілерін пайдалануды талап етеді.

Нәтижелерді түсіндірудің дәлдігі мен сенімділігін жақсартуға мүмкіндік беретін өлшенген деректер негізінде деформациялардың таралуын есептеу үшін сандық әдістерді қолдану болып табылады.

Деректерді модельдеу және талдау үшін ақырлы элементтер (FEA) және шекаралық элементтер (BEA) әдістерін қолдану. Сенсорлардың күйін бақылау диагностикалық жүйелерді қолдана отырып, сенсорлардың FBG күйі мен жұмысын үнемі бақылап нәтижелерді салыстырып отыру қажет. Себебі ауытқуларды анықтау және өлшемдердің дұрыстығын растау үшін құрылымның әртүрлі бөліктерінде орнатылған әртүрлі FBG сенсорларынан алынған деректерге көз жеткізу қажет.

FBG датчиктерінің тұрақтылығы мен беріктігін бағалау үшін әр түрлі жұмыс жағдайында ұзақ мерзімді сынақтар жүргізу талап етеді.

3.2 Мониторинг нәтижелерінің құрылымдардың жұмысы мен қауіпсіздік жағдайлары

Брэгг торлары әртүрлі салаларда қолданылады, соның ішінде бетон конструкцияларындағы құрылымдардың қауіпсіздігі мен жұмысын бақылау барысында.

Брэгг микротолқынды құрылымдар бұл құрылымдар деңгейін өлшеуді қоса алғанда, бақылау жүйелерінде қолданылады. Брэгг микротолқынды құрылымы периодты гетерогенділігі бар микротолқынды құрылымдардың бір мысалы болып табылады.

Талшықты Брэгг торлары талшықты оптикалық байланыс жүйелерінде және физикалық шама сенсорларында кеңінен қолданылады. Олар фоторефрактивті оптикалық талшықтарда түзіледі және әртүрлі әдістермен, соның ішінде фазалық әдісімен, интерферометриялық әдістермен және кадамдық әдіспен жазылуы мүмкін [22].

Брэгг торлары бетон конструкцияларындағы құрылымдардың қауіпсіздігі мен жұмысын бақылау үшін пайдаланып жатыр бірақ ол тек эксперименттік жағдайда олар температура, қысым, ылғалдылық және деформация сияқты әртүрлі параметрлерді дәл және сенімді өлшеуді қамтамасыз ете алады, бұл оларды қауіпсіздік жағдайын бақылаудың құнды құралы етеді.

Мониторинг нәтижелері бізге жоғары дәлдік береді FBG сенсорлары деформация мен температураның өзгеруіне жоғары сезімталдыққа зерттей отыра, бұл құрылымның күйіндегі ең аз өзгерістерді де анықтауға мүмкіндік береді.

Жарықтарды анықтау және болжау кезіндегі FBG сенсорлары үлкен құрылымдық зақымға айналғанға дейін микрожарықтардың пайда болуын анықтай алады.

Жарықтардың дамуын болжау деректерді модельдеу және талдау жарықтардың ықтимал дамуын болжауға және оларды жою үшін алдын алу шараларын қабылдауға мүмкіндік береді. Мониторинг жүйелері қазір Көпір құрылымдары бақылау бойынша FBG датчиктер көлік қозғалысы сияқты динамикалық жүктемелердің әсерінен деформацияларды бақылау үшін көпірдің негізгі аймақтарына орнатылған. Деректер шамадан тыс жүктемелерді уақтылы анықтауға және құрылымдарды нығайту бойынша шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.

Ғимараттар мен биік құрылыстар деформацияны бақылау кезінде FBG биік ғимараттарында сенсорлар жел мен сейсмикалық жүктемелерден туындаған деформациялар мен тербелістерді бақылауға көмектеседі, бұл тұрғындардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін маңызды аспектілерге жатады.

Сонымен қатар бөгеттер мен бөгендерді бақылау гидротехникалық қондырғыларда FBG датчиктерін бақылау су деңгейінің өзгеруінен және басқа факторлардан туындаған қысым мен деформацияның өзгеруін бақылауға мүмкіндік береді.

Жалпы айтқанда бетон конструкцияларындағы Брэгг торларын пайдалана отырып, құрылымдардың қауіпсіздік жағдайы мен жұмысының мониторингі объектілердің жай-күйі туралы егжей-тегжейлі және дәл ақпарат береді. Бұл деректер проблемаларды ерте анықтау, төтенше жағдайлардың алдын алу және құрылымдардың қызмет ету мерзімін ұзарту үшін өте маңызды. Талдау мен визуализацияның заманауи әдістерін қолдану мониторинг нәтижелерін тиімді түсіндіруге және бетон конструкцияларын басқару және техникалық қызмет көрсету бойынша негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді [23,24].

3.3 Зертханалық жағдайда деформацияны өлшеу нәтижелері

Зертханалық жұмысты жүргізу барысында ең алдымен техника қауіпсіздік ережелерін сақтаған дұрыс.

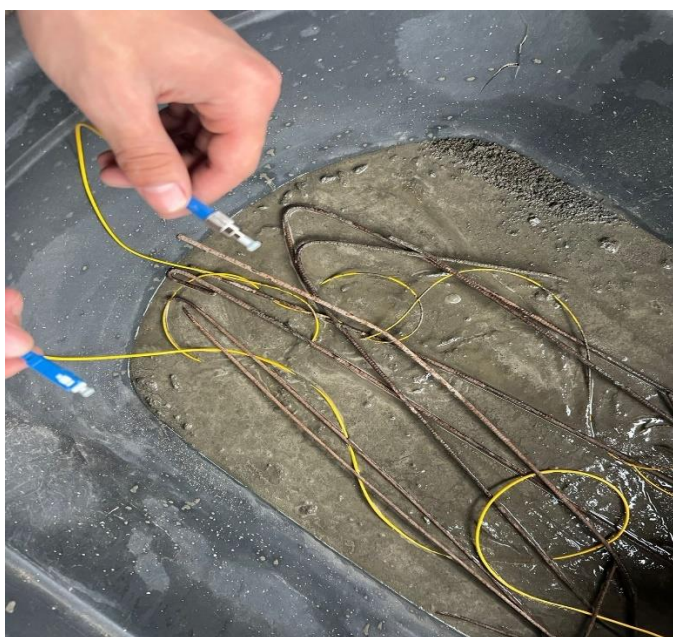
Оптикалық кабелді қолдана отырып, бетон конструкцияларының деформациясын зертханалық зерттеу әртүрлі жүктемелер кезінде бетонның әрекетін түсіну үшін маңызды мәліметтер береді. Бұл зерттеулер нақты жұмыс жағдайларын модельдеуге және құрылымдардың беріктігін болжауға мүмкіндік береді.

Стандартты өлшемдегі бетон үлгілері жасалады. Үлгілердің ішінде математикалық есептеулер жүргізген кездегі нақты жағдайдағы бірмодалы кабельді аламыз.

Оптикалық талшықтар механикалық зақымданудан қорғалады және олардың өлшеу аппаратурасымен сенімді байланысы қамтамасыз етіледі. Үлгілер жүктемелердің әртүрлі түрлеріне ұшырайды статикалық, динамикалық, сондай-ақ температураның өзгеруі. Өлшеу бетонның әрекеті туралы нақты мәліметтер алу үшін бақыланатын жағдайларда жүзеге асырылады. Деформацияны өлшеу статикалық жүктемедегі деформациялар нәтижелер қолданылатын жүктемеден бетонның аққыштық шегіне жеткенге дейінгі

сызықтық тәуелділігін көрсетеді. Осыдан кейін сызықтық емес деформациялар байқалады, бұл бетон құрылымының бұзылуының басталуын көрсетеді. Температураның өзгеруі сенсорлармен бекітілген бетонның кеңеюіне немесе қысылуына әкеледі. Нәтижелер температураның деформациясы құрылымның жалпы құрылымы мен тұтастығына айтарлықтай әсер етуі мүмкін екенін көрсетеді.

Оптикалық кабельдің бетон үлгілеріндегі микро жарықтардың пайда болуы мен дамуын сәтті анықтайды, бұл ықтимал зақымдануды алдын ала болжауға мүмкіндік береді. Зертханалық зерттеулер ұзақ уақыт жұмыс істейтін бетон үлгілері сусымалы құбылыстарды көрсететінін көрсетеді. Брэгг торлары уақыт өте келе пайда болатын баяу деформацияларды бекітеді, бұл құрылымның беріктігін бағалау үшін маңызды [25].



3.3-сурет – Бетон контрукциясын дайындау барысы



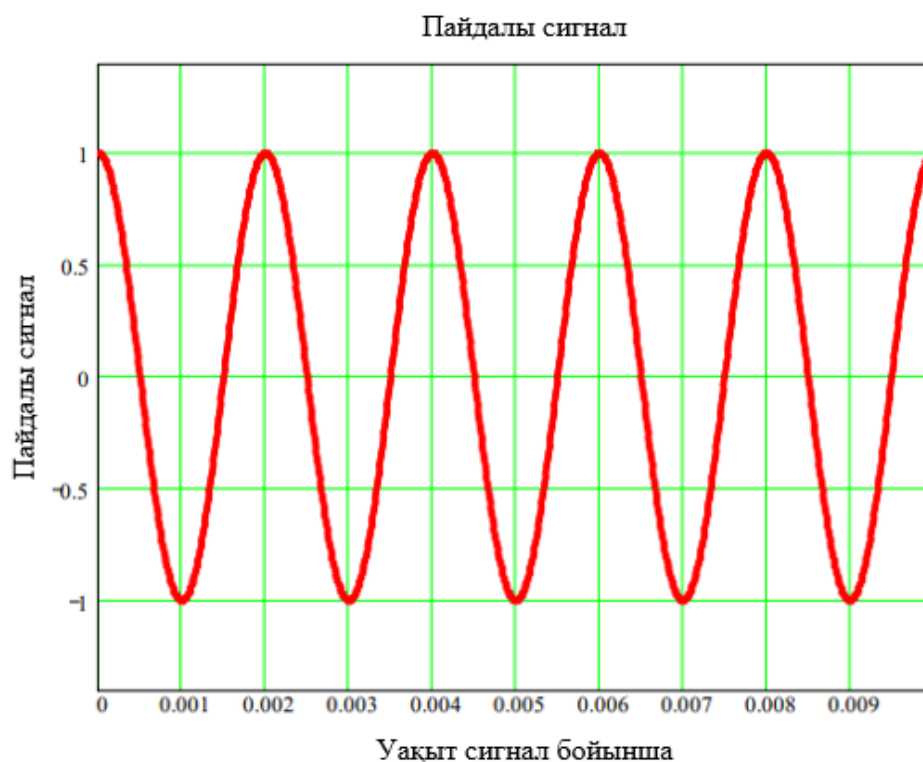
3.4-сурет – Толық темір бетон конструкциясының жалпы құрылымы

Деформациялар мен температураның өлшеу барысында оптикалық кабельдің 1550 нм толқын ұзындығында жұмыс жасайтынын ескеріп нақты нәтижеледі алуға тырысамыз.



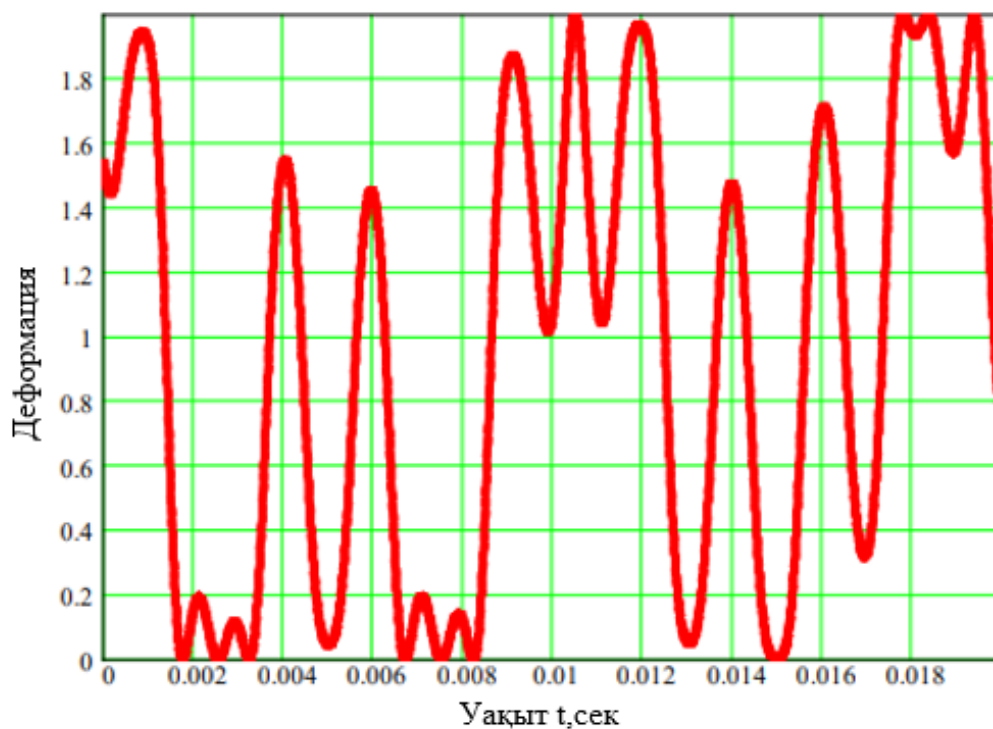
3.5-сурет – Бетон конструкциясының күшейткіш арқылы температуралық және кернеуін өлшеу барысы

Деформациялар мен температураның өзгеруінің уақыттық графигін Matlab бағдарламасында модельдедім.

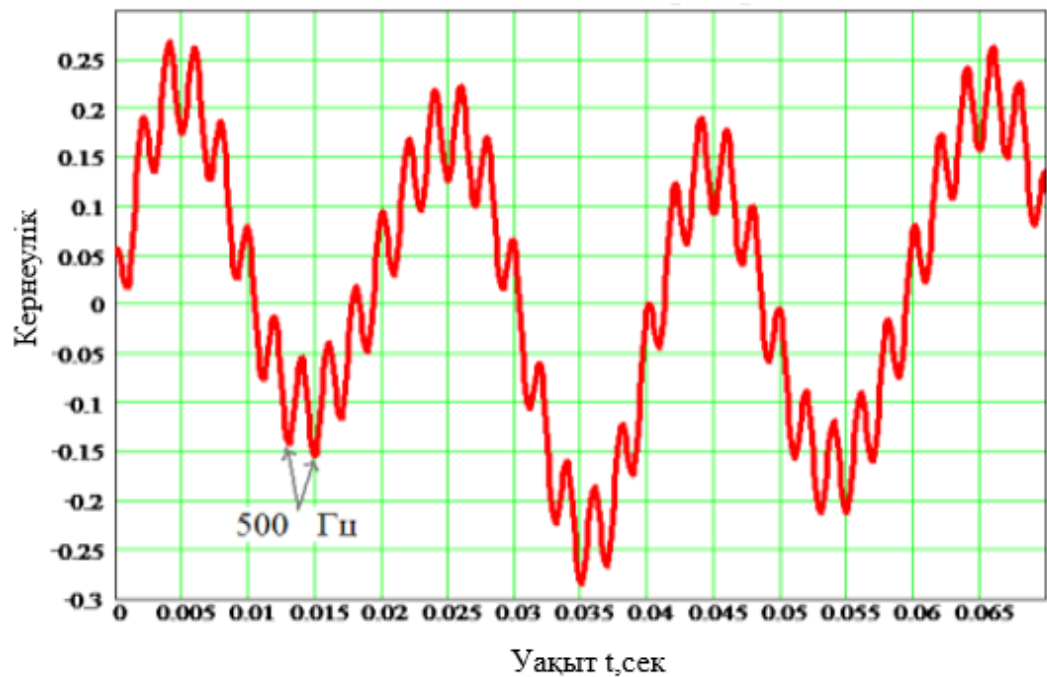


3.6-сурет – Идеалды пайдалы сигнал

Материалдың әрекетін талдау үшін кернеу мен деформация диаграммаларын құру.



3.7-сурет – Синалдың деформация ұшырауы



3.8-сурет – Синалдың кернулік өзгерулері

Эксперименттік деректерді түсіндіру және конструкциялардың беріктігін болжау үшін модельдеу бағдарламалық құралын MATLAB бағдарламасы пайдаланылды.

Деректерді талдау тұрақты және берік бетон конструкцияларын жасауға көмектесетін модельдер жасауға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста Брэгг торларына математикалық модель жасай отырыра, бетон конструкцияларындағы деформацияларды зертханалық өлшеу нәтижелерін олардың әртүрлі жүктеме жағдайларында бетонның әрекеті туралы құнды ақпарат алдық. Бұл деректер бетон құрылымдарын жобалау және салу әдістерін жақсартуға көмектеседі, олардың сенімділігі мен беріктігін қамтамасыз етеді. Зертханалық зерттеулер бетон конструкцияларының күйін Брэгг торлы оптикалық кабель оларда қолданаын сенсорларының тиімділігі мен дәлдігін растайды, бұл оларды заманауи құрылыс пен инженерияда таптырмас етеді.

Біріншіден, зертханалық өлшеулер оптикалық кабельден алынған деректердің жоғары дәлдігі мен сенімділігін көрсетті. Бұл әсіресе ықтимал проблемаларды ерте анықтау және апатты құрылымдық ақаулардың алдын алу үшін өте маңызды. Статикалық және циклдік жүктемелер бойынша эксперименттердің нәтижелері деформацияларды бекіту қабілетін, сондай-ақ бірнеше жүктемелер кезінде микро деформациялардың жиналуын көрсетті. Бұл инженерлерге бетонның беріктік сипаттамаларын бағалауға және оның нақты жұмыс жағдайындағы әрекетін болжауға мүмкіндік береді. Бұл құбылыстар құрылымдардың беріктігіне айтарлықтай әсер етеді және оларды жобалау мен пайдалану кезінде ескерілуі керек.

Оптикалық кабельдің температуралық сынау сонымен қатар қоршаған орта температурасы мен ішкі жылу көздерінің өзгеруіне байланысты пайда болатын температураның деформациясын тиімді өлшейтінін растады. Бұл деректерді талдау құрылымдағы жылу кернеулерін және олардың құрылымдардың жалпы тұрақтылығы мен қауіпсіздігіне әсерін бағалауға мүмкіндік береді.

Қорытындылай келе, оптикалық кабельді қолдана отыра оның ішіндегі Брэгг торларының қолдана отырып, бетон конструкцияларындағы деформацияларды зертханалық өлшеу нәтижелері олардың тиімділігі мен құрылыс объектілерінің жағдайын бақылаудағы дәлдігін растайды. Бұл зерттеулер бетон құрылымдарын жобалау және салу әдістерін жақсарту, олардың сенімділігі мен беріктігін қамтамасыз ету үшін маңызды ақпарат береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Pan Z., Liu H., Wang L., Dian F., Zhou C., Xu B., Li Y. A novel method for improving salinity resolution of optical fiber sensor based on modified adaptive variational mode decomposition (2024) *Optics and Laser Technology*, 177, DOI: 10.1016/j.optlastec.2024.111212
- 2 Song S., Tong X., Shen Y., Guo Y. Real-time optical fiber sensing system for multi-point temperature measurement based on beat frequency signals (2024) *Optical Fiber Technology*, 88, DOI: 10.1016/j.yofte.2024.103839
- 3 Li Y., Zhou X., Zhang Y., Diao H., Qu H., Peng W., Yu Q. Switchable and tunable dual-wavelength thulium-doped fiber laser based on the parallel filter of the all-fiber Sagnac interferometer embedded with an FBG and the Fabry-Perot filter (2024) *Optics and Laser Technology*, 176, DOI: 10.1016/j.optlastec.2024.110890
- 4 Wan Y., Pu S., Wang J., Yang Z., Lin X., Zhang C., Lahoubi M., Qian K., Xu Y., Li X. Dual-parameter fiber sensor based on Fabry-Pérot cavity cascaded with Terfenol-D rod integrated fiber Bragg grating (2024) *Optics Communications*, 564, DOI: 10.1016/j.optcom.2024.130647
- 5 Yuan L., Wang Q., Zhao Y. A wavelength-time division multiplexing sensor network with failure detection using fiber Bragg grating (2024) *Optical Fiber Technology*, 88, DOI: 10.1016/j.yofte.2024.103818
- 6 Yang, D. Li, J. Tao, Y. Fang, X. Mao and W. Tong, "An optical fiber comprehensive analysis system for spectral-attenuation and geometry parameters measurement," 2017 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim (CLEO-PR), Singapore, 2017, pp. 1-2, doi: 10.1109/CLEOPR.2017.8118861.
- 7 H. Zhou et al., "Research on fiber nonlinear coefficient," 2017 16th International Conference on Optical Communications and Networks (ICOON), Wuzhen, China, 2017, pp. 1-2, doi: 10.1109/ICOON.2017.8121350.
- 8 C. Xiao, J. Long, L. Jiang, G. Yan and Y. Rao, "Review of Sensitivity-enhanced Optical Fiber and Cable Used in Distributed Acoustic Fiber Sensing," 2022 Asia Communications and Photonics Conference (ACP), Shenzhen, China, 2022, pp. 359-363, doi: 10.1109/ACP55869.2022.10089130.
- 9 R. P. M. Julie, T. D. Abbott, J. P. Burger and R. Siebrits, "A Novel High-Resolution Optical Time Delay Cable Measurement System Utilized in Fiber Verification in Radio Interferometry," 2018 *IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS)*, Olympic Valley, CA, USA, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/IFCS.2018.8597450.
- 10 L. A. Sánchez, C. A. Álvarez-Ocampo, M. Delgado-Pinar, A. Díez, J. L. Cruz and M. V. Andrés, "Modal Analysis of Acoustic Resonances in an Optical Fiber: All-Optical Excitation and Detection," 2023 *23rd International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)*, Bucharest, Romania, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICTON59386.2023.10207503.
- 11 K. Yang, C. Liao, S. Liu, J. He, J. Wang and Y. Wang, "Optical Fiber Tag Based on an Encoded Fiber Bragg Grating Fabricated by Femtosecond Laser," in *Journal of Lightwave Technology*, vol. 38, no. 6, pp. 1474-1479, 15 March 2020, doi: 10.1109/JLT.2019.2956178.

12 M. A. Melkumov et al., "Bismuth-doped optical fiber amplifier for 1430 nm band pumped by 1310 nm laser diode," 2011 Optical Fiber Communication Conference and Exposition and the National Fiber Optic Engineers Conference, Los Angeles, CA, USA, 2011, pp. 1-3.

13 P. Barcik, P. Munster, P. Dejdard, T. Horvath and J. Vojtech, "Measurement of Polarization Transient Effects Caused by Mechanical Stress on Optical Fiber," 2019 International Workshop on Fiber Optics in Access Networks (FOAN), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2019, pp. 26-28, doi: 10.1109/FOAN.2019.8933658.

14 L. Yang et al., "Diameter-reduced fiber with ultra-low bending loss," 2022 20th International Conference on Optical Communications and Networks (ICOON), Shenzhen, China, 2022, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICOON55511.2022.9901127.

15 C. Wang *et al.*, "High Sensitivity Distributed Static Strain Sensing Based on Differential Relative Phase in Optical Frequency Domain Reflectometry," in *Journal of Lightwave Technology*, vol. 38, no. 20, pp. 5825-5836, 15 Oct.15, 2020, doi: 10.1109/JLT.2020.3003584.

16 B. -h. Tang and Z. -x. Zhou, "The design of communication network optical fiber cable condition monitoring system based on distributed optical fiber sensor," 2018 International Conference on Electronics Technology (ICET), Chengdu, China, 2018, pp. 97-101, doi: 10.1109/ELTECH.2018.8401433.

17 H. Shou et al., "Addressable Brillouin Random Fiber Lasing Resonance with High Optical Signal-to-Noise Ratio for Distributed Vibration Sensing," 2023 Opto-Electronics and Communications Conference (OECC), Shanghai, China, 2023, pp. 1-3, doi: 10.1109/OECC56963.2023.10209886.

18 A. M. Rocha, F. Domingues, M. Facão and P. S. André, "Threshold power of fiber fuse effect for different types of optical fiber," 2011 13th International Conference on Transparent Optical Networks, Stockholm, Sweden, 2011, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICTON.2011.5971025.

19 P. Bašić, "Fiber Optic Sensor Cable Based on Hollow Capillary Tube with Three Tightly Encapsulated Optical Fibers," 2019 2nd International Colloquium on Smart Grid Metrology (SMAGRIMET), Split, Croatia, 2019, pp. 1-4, doi: 10.23919/SMAGRIMET.2019.8720367.

20 Y. Zhao et al., "A novel fiber Michelson interferometer based on cascaded twin core fiber and side-hole fiber," 2017 25th Optical Fiber Sensors Conference (OFS), Jeju, Korea (South), 2017, pp. 1-4, doi: 10.1117/12.2264871.

21 M. M. Khudyakov et al., "Combined Method for SBS Suppression in High Numerical Aperture Single-Mode Optical Fibers," in *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 34, no. 20, pp. 1069-1072, 15 Oct.15, 2022, doi: 10.1109/LPT.2022.3200152.

22 T. Yang et al., "Design of a Weak Fiber Bragg Grating Acoustic Sensing System for Pipeline Leakage Monitoring in a Nuclear Environment," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 20, pp. 22703-22711, 15 Oct.15, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3098313.

23 Q. Qin *et al.*, "Twelve-Wavelength-Switchable Thulium-Doped Fiber Laser with a Multimode Fiber Bragg Grating," in *IEEE Photonics Journal*, vol. 13, no. 3, pp. 1-10, June 2021, Art no. 7100710, doi: 10.1109/JPHOT.2021.3084929.

24 G. M. Isoe *et al.*, "Noise figure and pump reflection power in SMF-reach optical fibre for raman amplification," *AFRICON 2015*, Addis Ababa, Ethiopia, 2015, pp. 1-5, doi: 10.1109/AFRCON.2015.7332036.

25 R. Caspary *et al.*, "Single-mode polymer optical fibers," 2014 16th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Graz, Austria, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICTON.2014.6876464.

ҒЫЛЫМИ ЖЕКТЕКШІНІҢ ШКІРІ

дипломдық жұмыс

Нұрлан Нияз Ерсайнұлы

6B07104 – Electronic and Electrical Engineering

Тақырыбы: «Оптикалық талшықты датчик пен Брэгг торларының көмегімен бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау»

Бұл дипломдық жұмыста оптикалық талшықты сенсорды Брэгг торларының көмегімен бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау қарастырды. Кез келген температураны анықтауға және деректерді өңдеу алгоритмдеріне ерекше назар аударылған, бұл деформацияны өлшеудің дәлдігін жақсартып жақсы нәтижелерге көрсеткен.

Нұрлан Нияз Ерсайнұлы дипломдық жұмыста Брэгг торлары бар сенсорлары практикалық қолдану бойынша ұсыныстармен аяқталады, оның ішінде орнату және техникалық қызмет көрсету стандарттарын әзірлеу, сондай-ақ деректерді талдау және интерпретациялау жүйелерді пайдалану.

Нұрлан Нияз Ерсайнұлы дипломдық жұмыста оптикалық талшықты сенсорды үшін жаңа мүмкіндіктер ашатын бетон конструкцияларының қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін Брэгг торларын пайдаланудың басты әлеуетін көрсетеді.

Нұрлан Нияз Ерсайнұлы дипломдық жұмыс жазуда және болашақта ғылым саласында өздігінен жұмыс істеп ғылымға үлес қоса алатынын жақсы дәлелдей алды.

Дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (93%) деген баға, ал студент Нұрлан Нияз Ерсайнұлы 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасы бойынша бакалавр академиялық дәрежесіне сай.

Ғылыми жетекші:

ЭТЖҒТ каф.

профессор PhD

 Смайлов Н.Қ.

« 30 » 10 2024 ж.



Дипломдық жұмысқа

СЫН – ПІКІР

Нұрлан Нияз Ерсаинұлы

«6B07104 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы»

Тақырыбы: «Оптикалық талшықты датчик пен Брэгг торларының көмегімен бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау»

- а) графикалық бөлімі 85 бет;
б) түсіндірме жазбасы 40 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Дипломдық жұмыста оптикалық талшықты сенсорды Брэгг торларының көмегімен бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау қарастырылған. Кез келген температураны анықтауға және деректерді өңдеу алгоритмдеріне ерекше назар аударылған, бұл деформацияны өлшеудің дәлдігін жақсартып жақсы нәтижелерге көрсеткен.

Нұрлан Нияз Ерсаинұлы дипломдық жұмыста Брэгг торлары бар сенсорлары практикалық қолдану бойынша ұсыныстармен аяқталады, оның ішінде орнату және техникалық қызмет көрсету стандарттарын әзірлеу, сондай-ақ деректерді талдау және интерпретациялау жүйелерді пайдалану.

Дипломдық жұмыста оптикалық талшықты сенсорды үшін жаңа мүмкіндіктер ашатын бетон конструкцияларының қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін Брэгг торларын пайдаланудың басты әлеуетін көрсеткен.

Дипломдық жұмыс жазу барысында болашақта ғылым саласында өздігінен жұмыс істеп ғылымға үлес қоса алатыны белгілі.

Дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (93%) деген баға, ал студент Нұрлан Нияз Ерсаинұлы 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасы бойынша бакалавр академиялық дәрежесіне сай.

ЖҰМЫС БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (93%) деген баға, ал студент Нұрлан Нияз Ерсаинұлы 6B07104 – Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасының бакалавр академиялық дәрежесіне лайықты деп есептеймін.

Сын-пікір беруші:

ҚазҰАВУ

қауымдастырылған профессор т.ғ.к

 А.Б. Токмолдаев

« 31 » 05 2024 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Нұрлан Нияз Ерсайнұлы

Тақырыбы: Оптикалық талшықты датчик пен Брэгг торларының көмегімен бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау

Жетекшісі: Нуржигит Смайлов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 4.8

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 1.6

Әріптерді ауыстыру: 1

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 33

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні 31.05.2024

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нұрлан Нияз Ерсайнұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Оптикалық талшықты датчик пен Брэгг торларының көмегімен бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 4.8

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 33

Знаки из здругих алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

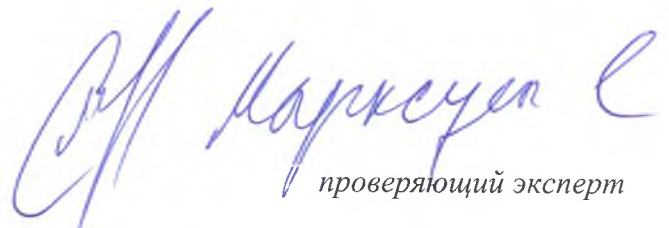
Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата 31.05.2024


проверяющий эксперт



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Нұрлан Нияз Еrsaинұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Оптикалық талшықты датчик пен Брэгг торларының көмегімен бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау және талдау

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 4.8

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 33

Знаки из здругих алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата 31.05.2024

Заведующий кафедрой

