

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

Назарова Аружан Нұрланқызы

«Бетон конструкцияларындағы Брэгг торлары бар FOD модельдеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07112 – 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
ЭТЖҒТ кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. кан
Е. Таштай
« 12 » 05 2024 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Бетон конструкцияларындағы Брэгг торлары бар FOD
модельдеу»

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering

Орындаған:

А.Н. Назарова

Пікір бергені
Қ.И. Сәтбаев атындағы
Электроника және ақпараттық технологиялар
институтының профессор PhD
Н.К. Алмуратова



« 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

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering

БЕКІТЕМІН

ЭТжҒТ кафедра меңгерушісі

техн.ғыл.кан

Е.Таштай

2023ж

« 12 »

05

Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Назарова Аружан Нұрланқызы

Тақырыбы: «Бетон конструкцияларындағы Брэгг торлары бар FOD модельдеу».

Университет ректорының «_4_» __12__ 2023ж. №548_П/Ө__
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі _30__» __04__ .2024ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: МЕМСТ 7601-78 Физикалық оптика, және желілер мен жүйелер.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) FOD (Fiber Orientation Distribution) модельдеу, бетон конструкцияларындағы Брэгг торларын ойлау үшін қолданылатын жаңа жетекші модельдерін жасау.

б) FOD модельді пайдалану арқылы, бетон құрылымының таңбалары мен механикалық қасиеттерін зерттеу.

в) Бос кеңістіктегі оптикалық байланысты Matlab программасында модельдеу

г) Брэгг торларынан алынған ақпаратты пайдалана отырып, бетондағы талшықтардың бағыты мен таралуын бағалау үшін алынған мәліметтерді талдау.

Сызбалық материалдар 15 слайдпен ppt форматында көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. Free Space Optical Communication (System Design, Modeling, Characterization and Dealing with Turbulence). cover:10.1515 / 97, year: 2015
2. Wireless Optical Link Budget. M.Sc. Vladimir Fadeev, M.Sc. Zlata Fadeeva. Kazan, 2019
3. D. H. Alustiza, N. Araceli Russo, M. Mineo, A. López and Y. Andrés Villagrán Zaccardi, "Packaging Design Assessment for an Experimental Fiber Optic Humidity Sensor Embeddable in Concrete Structures," *2022 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)*, San Juan, Argentina, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/ARGENCON55245.2022.9939756.
4. A. Theodosiou, "Advanced Concrete Optical Fiber Sensors for Remote Structural Health Monitoring of Concrete Structures," *2023 19th International Conference on Distributed Computing in Smart Systems and the Internet of Things (DCOSS-IoT)*, Pafos, Cyprus, 2023, pp. 723-725, doi: 10.1109/DCOSS-IoT58021.2023.00113.
5. M. Chen, B. Li, A. Masoudi, D. Bull and J. M. Barton, "Distributed Optical Fibre Sensor for Strain Measurement of Reinforced Concrete Beams," *2020 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*, Vientiane, Laos, 2020, pp. 102-107, doi:10.1109/ICITBS49701.2020.00030.




Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ


Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
FOD (Fiber Orientation Distribution) модельдеу, бетон конструкцияларындағы Брэгг торларын ойлау үшін қолданылатын жаңа жетекші модельдерін жасау	07.02.2024	орындағым
FOD модельді пайдалану арқылы, бетон құрылымының таңбалары мен механикалық қасиеттерін зерттеу	24.03.2024	орындағым
Бос кеңістіктегі оптикалық байланысты MATLAB программасында модельдеу	20.04.2024	орындағым
Брэгг торларынан алынған ақпаратты пайдалана отырып, бетондағы талшықтардың бағыты мен таралуын бағалау үшін алынған мәліметтерді талдау	26.04.2024	орындағым

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

Қолтаңбалар

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	16.02.2023	
Теориялық ақпарат	Ғылыми жетекші ЭТЖҒТ каф. профессоры, PhD Н.К.Смайлов	16.03.2024	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ каф. оқытушысы, П.Б. Ақылжан	30.05.2024	

Ғылыми жетекші  Н.К.Смайлов
(колы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  А.Н. Назарова
(колы)

Күні « 31 » 05 2024 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста бетон конструкцияларын біріктірілген бақылау үшін Брэгг торлары талшықты-оптикалық жарықшақ анықтайтын математикалық моделі алынды. Деформациясы жарықтың қарқындылығын өзгерту арқылы бірмодалы оптикалық талшыққа беріледі, бұл рефлектометрдің көмегімен жарықшақтың орнын анықтауға мүмкіндік береді және талшықтарды біріктіру технологиялары зерттелді. Matlab-тағы математикалық модельдеу сенсордың жоғары сезімталдығын растады. Практикалық қолдану көпірлерді, бөгеттерді, туннельдерді және тарихи ғимараттарды бақылауды қамтиды. Сенсор құрылымдардың қауіпсіздігі мен беріктігін арттыра отырып, жарықтарды уақтылы анықтауға мүмкіндік береді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе получена математическая модель, в которой решетки Брэгга обнаруживают волоконно-оптическую трещину для интегрированных наблюдений за бетонными конструкциями. Деформация передается одномодовому оптическому волокну путем изменения интенсивности света, что позволяет определить положение трещины с помощью рефлектометра и изучены технологии соединения волокон. Математическое моделирование в Matlab подтвердило высокую чувствительность датчика. Практическое применение включает в себя наблюдение за мостами, плотинами, туннелями и историческими зданиями. Датчик позволяет своевременно обнаруживать трещины, повышая безопасность и прочность конструкций.

ANNOTATION

In this thesis, a mathematical model is obtained in which Bragg gratings detect a fiber-optic crack for integrated observations of concrete structures. The deformation is transmitted to a single-mode optical fiber by changing the light intensity, which makes it possible to determine the crack position using a reflectometer and fiber connection technologies have been studied. Mathematical modeling in Matlab has confirmed the high sensitivity of the sensor. Practical applications include observing bridges, dams, tunnels, and historic buildings. The sensor allows timely detection of cracks, increasing the safety and strength of structures.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Қазіргі қолданыстағы байланыс салалары	11
1.1 Талшықты оптикалық байланыстың даму жүйелері	13
1.2 Оптикалық талшық негіздері	16
1.3 Брэгг торларының негізгі жұмыс принципін талдау	18
1.4 Талшықты-оптикалық сенсорлардың жұмыс принципі	20
2 Құрылыста Брэгг торларын қолдану	22
2.1 Бетон үлгілеріне Брэгг торларын орнату нәтижелері	24
3 Оптикалық талшықтарды қорғау және қосу	26
3.1 Жүктеме сынақтары және олардың түрлері температуралық сынақтар және деформация жағдайларына шолу	27
3.2 Matlab бағдарламасы бойынша математикалық модельдеу	28
4 Болашақ бағыттарын талдау	31
Қорытынды	32
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	33

КІРІСПЕ

Заманауи құрылыс және инженерия құрылымдардың сенімділігі мен беріктігіне үнемі өсіп келе жатқан талаптарға тап болады. Бұл әсіресе көптеген елдердің инфрақұрылымының негізін құрайтын бетон құрылымдарына қатысты. Бетон конструкциялары олардың беріктігі мен беріктігіне әсер ететін көптеген факторларға ұшырайды, мысалы, механикалық жүктемелер, температураның ауытқуы, шөгу және ылғалдылық. Сондықтан бұл құрылымдардың нақты уақыттағы күйін бақылау олардың қауіпсіздігі мен беріктігін қамтамасыз ету үшін өте маңызды болады.

Бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылаудың ең перспективалы әдістерінің бірі - Брэгг торлы талшықты-оптикалық сенсорларды пайдалану. Оптикалық талшыққа орнатылған Брэгг торлары-деформацияға және қоршаған орта температурасына байланысты белгілі бір толқын ұзындығының жарығын көрсететін таптырмас дүние. Бұл принцип әртүрлі физикалық параметрлерді жоғары дәлдікпен өлшеу үшін Брэгг сенсорларын пайдалануға мүмкіндік береді.

Зерттеудің өзектілігі бетон конструкцияларының жағдайын бақылаудың сенімді әдістерін әзірлеу және енгізу қажеттілігіне байланысты, бұл ықтимал проблемаларды уақтылы анықтауға және Апатты сәтсіздіктердің алдын алу үшін алдын алу шараларын қабылдауға мүмкіндік береді. Брэгг торлары жоғары дәлдікпен және сенімділікпен үздіксіз бақылауды жүзеге асырудың бірегей мүмкіндігін ұсынады, бұл оларды заманауи құрылыста таптырмас етеді.

Бұл жұмыстың мақсаты бетон конструкцияларына Брэгг торларын орнату және интеграциялау әдістемесін зерттеу, деформацияларға эксперименттік зерттеулер жүргізу және өлшеулердің дәлдігі мен сенімділігін бағалау үшін алынған деректерді талдау болып табылады. Сондай-ақ, алынған мәліметтер негізінде бетон конструкцияларының математикалық модельдеу маңызды міндет болып табылады, бұл олардың беріктігін болжауға және практикалық қолдану бойынша ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді.

Жұмыстың бірінші бөлімінде оптикалық талшықтар мен Брэгг торларының теориялық негіздері қарастырылады..

Жұмыстың екінші бөлімінде Брэгг торларын бетон конструкцияларына орнату және біріктіру әдістемесі сипатталған. Бұл бетон құю кезеңінде оптикалық талшықтарды ендіруді қоса алғанда, бетон үлгілерін арнайы дайындауды қажет етеді. Оптикалық талшықтарды механикалық зақымданудан қорғауға және сенімді қосылуды қамтамасыз етуге ерекше назар аударылады.

Жұмыстың үшінші бөлігі зертханалық жағдайда бетон конструкцияларының деформацияларын эксперименттік зерттеуге арналған.

Жұмыстың төртінші бөлігінде зертханалық өлшеу нәтижелері талданады. Бетон конструкцияларының беріктігіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін микрокректерді анықтауға ерекше назар аударылады. Сондай-ақ, құрылымдардың беріктік сипаттамалары туралы қорытынды жасауға мүмкіндік

беретін Талшықты оптикалық сенсорлардан алынған бетонның жылжуы мен шөгуі туралы мәліметтер қарастырылады.

Қорытындылай келе, зерттеу барысында алынған негізгі тұжырымдар мен нәтижелерді практикалық қолдану бойынша ұсыныстар қарастырылады. Бетон конструкцияларының күйін бақылауды жақсарту үшін жаңа әдістер мен технологияларды әзірлеуді қамтуы мүмкін әрі қарайғы зерттеулерге ерекше назар аударылады.

Осылайша, бұл жұмыс бетон конструкцияларындағы деформацияларды бақылау үшін Брэгг торларын зерттеуге және қолдануға бағытталған кешенді зерттеу болып табылады. Зерттеу нәтижелері құрылыс нысандарының қауіпсіздігі мен беріктігін арттыру және құрылымдық мониторинг саласында жаңа технологияларды дамыту үшін маңызды.

1 Қазіргі қолданыстағы байланыс салалары

Сымды және сымсыз технологияларды қамтитын телекоммуникация саласы Қазіргі әлемдегі жаһандық байланыстың негізі болып табылады. Ол дәстүрлі телефон желілерінен бастап озық оптикалық және сымсыз желілерге дейінгі көптеген технологиялар мен жүйелерді қамтиды. Телекоммуникацияның дамуы көптеген салаларда экономикалық өсуді, әлеуметтік дамуды және инновацияны ынталандырады. Бұл жұмыста қолданыстағы байланыс салалары, олардың эволюциясы, заманауи технологиялар және болашақ даму перспективалары қарастырылады.

Телекоммуникация тарихы ХІХ ғасырда телеграфты ойлап табудан басталды, бұл алыс қашықтыққа байланыс жүйелерін құрудың алғашқы қадамы болды. Келесі маңызды кезең-1876 жылы Александр Беллдің телефонды ойлап табуы. Бұл дауыстық хабарламаларды сымдар арқылы жіберуге мүмкіндік берді, бұл байланыс мүмкіндіктерін едәуір кеңейтті.

XX ғасырда телекоммуникацияда радиобайланыс пен теледидардың өнертабысымен революция болды. Радиобайланыс сигналдарды сымдарды пайдаланбай жіберуге мүмкіндік берді, бұл сымсыз технологияны одан әрі дамытуға негіз болды. 1920 жылдары пайда болған теледидар визуалды ақпаратты алыс қашықтыққа беру идеясын өзгертті.

1960 жылдары жерсеріктік байланыс дәуірі басталды, бұл жердегі инфрақұрылымға тәуелді болмай, бүкіл әлем бойынша сигналдарды жіберуге мүмкіндік берді. Маңызды оқиғалардың бірі 1962 жылы "Telstar" спутнигінің ұшырылуы болды, бұл континенттер арасындағы теледидарлық бағдарламалар мен телефон қоңырауларын таратуға мүмкіндік берді.

Қазіргі телекоммуникациялық технологиялар сымды және сымсыз болып бөлінеді. Осы санаттардың әрқайсысы төменде қарастырылған бірнеше ішкі санаттарды қамтиды [1].

Сымды технологиялар бойынша мыс байланыс желілері мыс сымдарын қолданатын дәстүрлі телефон желілері әлі күнге дейін дауыс пен деректерді беру үшін қолданылады. Бұл желілер ISDN және DSL сияқты цифрлық технологияларды енгізумен дамыды, бұл деректер жылдамдығын едәуір арттырды.

Талшықты-оптикалық желілер жоғары жылдамдықты деректерді берудің негізгі құралына айналды. Ол жоғары өткізу қабілеттілігін және ұзақ қашықтықтағы төмен шығындарды қамтамасыз етеді. Оптикалық желілер үй шаруашылықтарын (FTTH), бизнес орталықтарын және континентаралық магистральдарды қосу үшін қолданылады. Коаксиалды кабельдер бұл кабельдер дәстүрлі түрде кабельдік теледидар мен интернет үшін қолданылады. Олар жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді және үй шаруашылықтары мен шағын бизнесті қосу үшін қолданылады.

Ұялы байланыс технологиялары (1G-ден 5G-ге дейін) адамдардың қарым-қатынасын айтарлықтай өзгертті. Атап айтқанда, 5G желілері жоғары деректер жылдамдығын, төмен кідірісті және көптеген құрылғыларды қосу мүмкіндігін

ұсынады. Спутниктік байланыс деректер мен дауысты шалғай және жету қиын аймақтарға жіберу үшін қолданылады. Спутниктік байланыс Ғаламдық навигацияда, хабар таратуда және интернетке қол жеткізуде маңызды рөл атқарады.

Wi-Fi және Bluetooth технологиялары жергілікті сымсыз байланыс үшін қолданылады. Wi-Fi үйлерде, кеңселерде және қоғамдық орындарда жоғары жылдамдықты Интернетке қол жеткізуді қамтамасыз етеді. Bluetooth құлаққаптар, пернетақталар және тышқандар сияқты қысқа қашықтықтағы құрылғыларды қосу үшін қолданылады. IoT технологиялары сенсорлар, тұрмыстық техника және автомобильдер сияқты әртүрлі құрылғыларды интернетке қосуға мүмкіндік береді. Бұл өмір сапасын автоматтандыруға және жақсартуға жаңа мүмкіндіктер ашады. Ұялы байланыс-телекоммуникацияның ең қарқынды дамып келе жатқан салаларының бірі. 2G-ден 5G-ге көшу деректер жылдамдығының, байланыс сапасының және құрылғы мүмкіндіктерінің айтарлықтай жақсаруымен қатар жүрді. Қазіргі уақытта енгізіліп жатқан 5G технологиясы жоғары жылдамдықтар, төмен кідірістер және көптеген құрылғылардың қосылу мүмкіндіктері арқылы денсаулық сақтау, көлік және өнеркәсіпті қоса алғанда, көптеген салаларда төңкеріс жасауы әбден мүмкін. Бекітілген байланыс желілері, соның ішінде талшықты-оптикалық және мыс желілері телекоммуникациялық инфрақұрылымның маңызды бөлігі болып қала береді. Олар үй шаруашылықтары мен бизнес үшін жоғары жылдамдықты интернетке қол жеткізуді қамтамасыз етеді, сонымен қатар ірі деректер орталықтары мен интернет-провайдерлер арасында деректерді тасымалдауға негіз болады.

Телекоммуникациядағы мәселелер мен қиындықтар айтарлықтай жетістіктерге қарамастан, телекоммуникация саласы бірқатар қиындықтар мен қиындықтарға тап болады. Олардың қатарларына киберқауіпсіздік қосылған құрылғылар мен деректердің көбеюімен кибершабуылдар қаупі артады. Желілер мен деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету барлық телекоммуникациялық компаниялар үшін басымдыққа айналады. Реттеу және стандарттау әр түрлі елдердің телекоммуникация саласындағы өз ережелері мен стандарттары бар. Бұл стандарттарды жаһандық деңгейде үйлестіру жаңа технологияларды әзірлеу мен енгізуді жеңілдету үшін қажет. Қол жетімділік және цифрлық теңсіздік Интернеттің ғаламдық таралуына қарамастан, көптеген аймақтар, әсіресе дамушы елдерде, қазіргі заманғы телекоммуникация қызметтеріне қол жеткізе алмайды. Бұл мәселені шешу айтарлықтай инвестициялар мен халықаралық ынтымақтастықты қажет етеді.

Инфрақұрылымдық шектеулері бойынша 5G сияқты жаңа технологияларды дамыту инфрақұрылымға айтарлықтай өзгерістер енгізуді талап етеді. Бұған жаңа базалық станцияларды орнату, талшықты-оптикалық желілерді төсеу және қолданыстағы желілерді жаңарту кіреді.

Телекоммуникацияның болашағы алдағы онжылдықтарда біздің өмірімізді анықтайтын көптеген жаңа технологиялар мен қосымшалармен қызықты болады.

Сонымен қатар 6G мен 5G енді ғана кеңінен енгізіле бастағанымен, 6G саласындағы зерттеулер мен әзірлемелер қазірдің өзінде жүргізілуде. бұл технология одан да жоғары деректер жылдамдығын, ең аз кідірісті және жақсартылған қосылымды уәде етеді.

Кванттық технологиялар қауіпсіздік пен өнімділіктің жаңа деңгейін қамтамасыз ете отырып, телекоммуникацияда төңкеріс жасай алады. Кванттық байланыс деректерді беру үшін кванттық механика принциптерін қолданады, бұл оларды бұзуға іс жүзінде қол сұғылмайды. Қазіргі уақтта белең алып жатқан жасанды интеллект интеграциясы телекоммуникация желілерін басқаруда, олардың жұмысын оңтайландыруда және қауіпсіздікті қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Жасанды интеллект желідегі мәселелерді болжау, трафикті басқару және қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету үшін пайдаланылуы мүмкін. SpaceX және Amazon сияқты компаниялар ғаламдық интернет желілерін құру үшін мыңдаған спутниктерді ұшыруды жоспарлап отыр. Бұл планетаның ең алыс бұрыштарында да жоғары жылдамдықты интернетті қамтамасыз етеді.

Ақылды қалалар мен инфрақұрылым телекоммуникация барлық құрылғылар мен жүйелер бір желіге қосылатын ақылды қалаларды дамытуға негіз болады. Бұл қалалық ресурстарды басқаруды жақсартуға, өмір сүру сапасын жақсартуға және қоршаған ортаға әсерді азайтуға мүмкіндік береді.

1.1 Талшықты оптикалық байланыстың даму жүйелері

Талшықты-оптикалық байланыс Қазіргі әлемдегі ең озық деректер технологияларының бірі болып табылады. Ол енгізілгеннен бері телекоммуникация индустриясының ландшафтын айтарлықтай өзгертті, бұл жоғары жылдамдықты және ұзақ қашықтыққа сенімді деректерді беру мүмкіндігін берді. Бұл мақалада талшықты-оптикалық байланыстың дамуының негізгі кезеңдері, осы салада қолданылатын технологиялар мен жүйелер, сондай-ақ оның одан әрі даму перспективалары қарастырылады.

Талшықты-оптикалық байланыстың тарихы XX ғасырдың ортасында жарықты жұқа шыны талшықтар арқылы берудің алғашқы теориялық негіздері мен практикалық шешімдері жасалған кезде басталды. 1966 жылы Standard Telecommunication Laboratories компаниясының қызметкері Чарльз Као мен Джордж Хокхэм алғаш рет телекоммуникация үшін оптикалық талшықтарды пайдалануды ұсынды, ол үшін 2009 жылы физика бойынша Нобель сыйлығын алды.

Алғашқы коммерциялық талшықты байланыс жүйелері 1970 жылдары пайда болды Corning Inc. ол алғашқы төмен аттенуациялық оптикалық талшықтарды жасады. 1977 жылы Чикагода лазерлік жарық көздерін қолданатын және 45 Мбит/с жылдамдықпен деректерді беруді қамтамасыз ететін алғашқы тәжірибелік талшықты-оптикалық байланыс жүйесі орнатылды.

Талшықты-оптикалық байланыс шыны немесе пластиктен жасалған жұқа талшықтар арқылы жарық сигналдарын беруге негізделген. Кодталған ақпарат болып табылатын жарық сигналдары толық ішкі шағылысу құбылысының арқасында оның ішкі қабырғаларынан шағылысатын талшық арқылы өтеді. Бұл деректерді ең аз шығынмен ұзақ қашықтыққа жіберуге мүмкіндік береді. Оптикалық талшықтар жарық өтетін негізгі элемент болып саналады. талшықтар бір модаль және көп модаль болуы мүмкін. Жарық көзі бұл әдетте жарық сигналдарын шығаратын лазерлер немесе жарық диодтары. Детекторлар жарық сигналдарын қайтадан электр сигналдарына түрлендіреді. Оптикалық күшейткіштер ұзақ қашықтыққа беру үшін жарық сигналын күшейтеді. Модуляторлар мен демодуляторлар оптикалық талшық арқылы берілетін деректерді кодтайды және декодтайды.

Қазіргі заманғы талшықты-оптикалық байланыс жүйелері олардың тиімділігі мен өткізу қабілетін едәуір арттыратын бірқатар озық технологияларды қолданады. Толқындық мультиплекстеу технологиясы (Wavelength Division Multiplexing, WDM) жарықтың әртүрлі толқын ұзындығын пайдаланып бір оптикалық талшыққа бірнеше түрлі сигналдарды жіберуге мүмкіндік береді. WDM екі негізгі түрі бар.

DWDM (dense Wavelength Division Multiplexing) бір талшықтан 160 арнаға дейін тасымалдауға мүмкіндік беретін тығыз толқындық мультиплекстеу.

CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) аз арналарды пайдаланатын (18-ге дейін), бірақ дәлірек жабдықты қажет ететін өрескел толқындық мультиплекстеу.

Қазіргі заманғы талшықты-оптикалық байланыс жүйелері деректерді беру тиімділігін арттыру үшін әртүрлі модуляция және кодтау әдістерін қолданады. OOK (K-off Keying) сигнал қосылатын және өшірілетін ең қарапайым модуляция әдісі. QAM (Quadrature Amplitude Modulation) сигналдың амплитудасы мен фазасын өзгерту арқылы деректерді жоғары жылдамдықпен жіберуге мүмкіндік беретін әдіс. PAM (Pulse Amplitude Modulation) жоғары жылдамдықты оптикалық жүйелерде қолданылатын импульстік амплитудалық модуляция.

Оптикалық күшейткіштер талшықты-оптикалық байланыс жүйелерінде шешуші рөл атқарады, бұл сигналдарды ұзақ қашықтыққа айтарлықтай шығынсыз жіберуге мүмкіндік береді. Оптикалық күшейткіштердің ең көп таралған түрлері EDFA жоғары өнімділік пен төмен шуды қамтамасыз ететін эрбийлі талшықты допинг күшейткіштері. Раман күшейткіштері сигнал күшін арттыру үшін раманның шашырау әсерін қолданатын күшейткіштер.

Талшықты-оптикалық байланыстың артықшылықтары байланыс дәстүрлі мыс желілері мен сымсыз технологияларға қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие оптикалық талшықтар жоғары жылдамдықта көптеген деректерді жібере алады, бұл оларды кең жолақты желілер үшін өте қолайлы етеді. Төмен сигнал шығыны оптикалық талшықтардағы жарық сигналдары ұзақ қашықтыққа берілгенде әлдеқайда аз энергия жоғалтады.

Электромагниттік үйлесімділік талшықты-оптикалық кабельдер электромагниттік кедергілерге ұшырамайды, бұл байланыстың жоғары сенімділігі мен сапасын қамтамасыз етеді.

Деректер қауіпсіздігі оптикалық талшықтағы деректерді ұстау мыс кабельдеріне қарағанда едәуір күрделі, бұл қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді. Салмағы мен өлшемдері бойынша оптикалық талшықтар мыс кабельдеріне қарағанда әлдеқайда жеңіл және компам, бұл оларды орнатуды және жұмыс істеуді жеңілдетеді.

Талшықты-оптикалық байланыс телекоммуникация, интернет, кабельдік теледидар, Медициналық технологиялар және басқа да көптеген салаларда кеңінен қолданылады. Талшықты желілер жоғары жылдамдықты интернет пен телекоммуникацияның негізі болып табылады. Олар жоғары өткізу қабілеттілігін және төмен кідірістерді қамтамасыз етеді, бұл нақты уақыт режимінде үлкен көлемдегі деректерді, бейне және аудионы тасымалдау үшін қажет [2]. Кабельдік операторлар ұзақ қашықтыққа жоғары ажыратымдылықтағы теледидар сигналдарын беру үшін оптикалық талшықтарды пайдаланады. Бұл пайдаланушыларға кескін мен дыбыстың жоғары сапасын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Талшықты-оптикалық технологиялар медицинада белсенді қолданылады, мысалы, эндоскопияда, олар ішкі ағзалардың жоғары сапалы суреттерін алуға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, талшық лазерлік хирургияда және диагностикалық жабдықта қолданылады. Өнеркәсіпте оптикалық талшықтар температура мен қысымды бақылау сияқты әртүрлі процестерді бақылау және басқару және қиын жағдайларда деректерді беру үшін қолданылады. Ғылымда оптикалық талшықтар эксперименттер мен зерттеулерде деректерді беру үшін қолданылады. Көптеген артықшылықтарға қарамастан, талшықты-оптикалық байланыс одан әрі даму үшін шешілуі керек бірқатар мәселелер мен қиындықтарға тап болады. Талшықты-оптикалық желілерді орнату айтарлықтай инвестицияларды қажет етеді, бұл олардың, әсіресе дамушы елдерде және шалғай аймақтарда кең таралуына кедергі болуы мүмкін. Оптикалық талшықтар орнату және пайдалану кезінде физикалық зақымға ұшырауы мүмкін. Зақымдану сигналдың айтарлықтай жоғалуына әкелуі мүмкін және күрделі жөндеуді қажет етеді. Талшықты-оптикалық жүйелер күрделі жабдықтар мен технологияларды қолдануды талап етеді, бұл оларды орнату және техникалық қызмет көрсету үшін жоғары білікті мамандарды қажет. Талшықты-оптикалық байланыстың болашағы алдағы онжылдықтарда біздің өмірімізді анықтайтын көптеген жаңа технологиялар мен қосымшалармен қарқынды болады. Талшықты-оптикалық және сымсыз технологиялардың үйлесімі екі тәсілдің артықшылықтарын біріктіретін гибриді желілерді құруға мүмкіндік береді. Бұл бір уақытта жоғары өткізу қабілеттілігі мен ұтқырлықты қамтамасыз етеді.

1.2 Оптикалық талшық негіздері

Оптикалық талшық - бұл ақпаратты шыны немесе пластикалық талшықтар арқылы жарық сигналдары ретінде беру үшін қолданылатын технология. Бұл деректерді алыс қашықтыққа тасымалдаудың ең тиімді және сенімді әдістерінің бірі. Оптикалық талшықтың негізгі компоненттері мен принциптері және оның сипаттамаларын сипаттайтын формулалар осы технологияны түсінудің кілті болып табылады.

Оптикалық талшықтың жұмыс принципі толық ішкі шағылысу құбылысына негізделген. Жарық оптикалық талшыққа белгілі бір бұрышпен енген кезде, ол талшықтың ішкі қабырғаларынан шағылысады және оның ұзындығы бойымен айтарлықтай шығынсыз жалғасады. Бұл талшықтың өзегі мен қабығының сыну көрсеткіштерінің айырмашылығына байланысты.

Оптикалық талшықтың негізгі компоненттеріне мыналар жатады:

- Өзек талшықтың орталық бөлігі, ол арқылы жарық өтеді. Ол жоғары сыну көрсеткішіне ие.

- Қабық өзекті қоршап тұрған сыртқы қабаты сыну көрсеткіші төмен, бұл толық ішкі шағылыстыруды қамтамасыз етеді.

- Буферлік жабын өзек пен қабықты механикалық зақымданудан қорғайтын қорғаныс қабаты.

- Толық ішкі шағылысу құбылысы жарық сәулесі жоғары сыну индексі бар ортадан критикалық бұрыштан жоғары бұрыштық индексі төмен ортаға ауысқанда пайда болады. Сыну бұрыш бойынша θ_c келесідей формуламен жазылады:

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (1.1)$$

мұндағы n_2 - қабықтың сыну көрсеткіші, n_1 - өзекшенің сыну көрсеткіші.

Оптикалық талшықтың өткізу қабілеті оның деректерді жоғары жылдамдықта беру қабілетімен анықталады. Бұл өзектің диаметрі, берілетін жарықтың толқын ұзындығы және қолданылатын материалдардың сапасы сияқты факторларға байланысты.

Оптикалық талшықтағы әлсіреу (дБ/км) өлшенеді және талшық арқылы өткен кезде сигналдың жоғалуын сипаттайды. Әлсіреудің негізгі себептеріне талшықты сіңіру, шашырау және иілу жатады. Жалпы әлсіреу формуласы бойынша есептеледі:

$$a = \frac{10}{L} \log \left(\frac{P_{\text{кіріс}}}{P_{\text{шығыс}}} \right) \quad (1.2)$$

осы жерде, $P_{\text{кіріс}}$ – кіріс сигналының қуаты; $P_{\text{шығыс}}$ - шығыс сигналының қуаты; L – талшықтың ұзындығы.

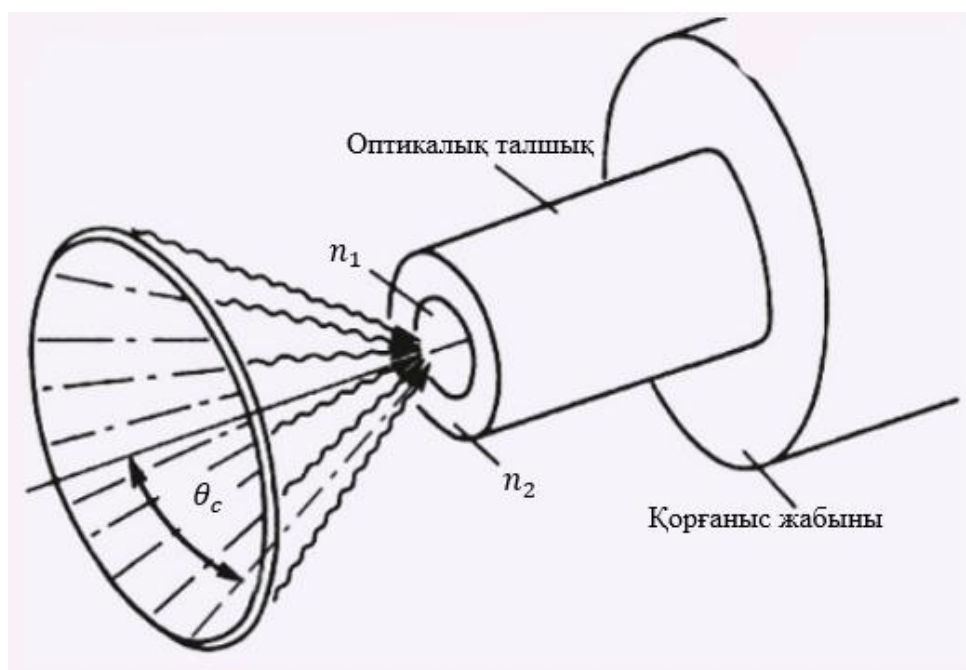
Оптикалық талшықтың маңызды бөлігі ол сандық апертура оптикалық талшықтың Жарық жинау қабілетін анықтайды. Бұл өзек пен қабықтың сыну көрсеткіштеріне байланысты және формула бойынша есептеледі:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.3)$$

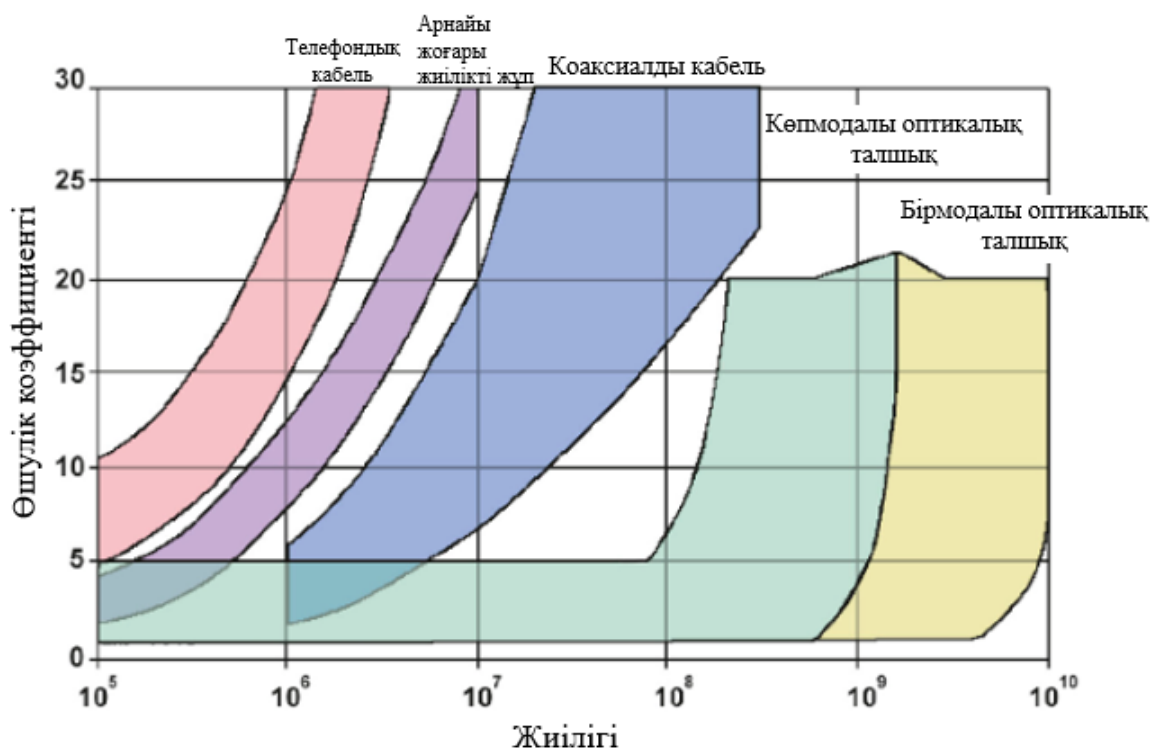
Сандық диафрагманың жоғары мәні оптикалық талшыққа көбірек жарық жинауға мүмкіндік береді және оның деректерді беру қабілетін жақсартады.

Бірмодалы талшық кішкентай өзек диаметрі бар (шамамен 8-10 мкм) және тек бір жарық режимін береді. Бұл төмен әлсіреуді және ұзақ қашықтыққа жоғары өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді.

Мультимодалы талшық үлкен өзек диаметрі бар (шамамен 50-62.5-90 мкм) және бір уақытта бірнеше жарық режимін жібере алады. Олар деректерді қысқа қашықтыққа тасымалдау үшін қолданылады [3-4].



1.1-сурет – Оптикалық талшықтың құрылымы



1.2-сурет – Байланыс саласындағы қолданыстағы кабельдің сипаттамалары

Бұл суретте өшулік коэффициентінің және жиілікке тәуелді графикті байқай аламыз. Оптикалық талшықтың өшулік коэффициенті төмен болғанымен экономикалық жағдайына техникалық сипаттамалар бойынша алдыңғы орында деп айтуға болады.

1.3 Брэгг торларының негізгі жұмыс принципін талдау

Оптикалық талшықтардағы Брэгг торлары фотоника мен оптикалық технологияның маңызды жетістіктерінің бірі болып табылады. Олар жоғары дәлдігі мен сенімділігіне байланысты телекоммуникация жүйелерінде, сенсорлық және өлшеу жүйелерінде кеңінен қолданылады.

Брэгг торларының жұмыс принципі бойынша оптикалық талшықтың өзегі бойындағы сыну көрсеткішінің мерзімді модуляциясы. Бұл модуляция талшыққа ультракүлгін (ультракүлгін) сәулемен маска арқылы немесе интерференция әдісімен әсер ету арқылы жасалады. Нәтижесінде талшық арқылы өтетін жарықтың белгілі бір толқын ұзындығын көрсететін құрылым пайда болады.

Брэгг торының жұмыс принципі жарық сигналы әрдайым өзгеретін құрылым арқылы өткенде пайда болатын Брэгг шағылысу құбылысына негізделген. Тормен тиімді шағылысатын толқын ұзындығы Брэгг толқын ұзындығы деп аталады ол келесідей формуламен жазылады:

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda \quad (1.3)$$

мұндағы n_{eff} – жарықтың тиімді сыну бұрышы;

Λ – тордың периодтық шамасы.

Бұл формула Брэггтың толқын ұзындығы тор кезеңіне де, тиімді сыну көрсеткішіне де байланысты екенін көрсетеді. Бұл параметрлер өзгерген кезде мысалы, температура немесе механикалық кернеу әсерінен Брэгг толқын ұзындығының ығысуы орын алады, бұл Брэгг торларын сенсорларда сезімтал элементтер ретінде пайдалануға мүмкіндік береді [5].

Тормен шағылысатын жарықтың толқын ұзындығы. Бұл тор кезеңіне және сыну көрсеткішіне байланысты. Шағылысу жолағының ені тормен тиімді шағылысатын толқын ұзындығының диапазонымен анықталады. Бұл жолақтың ені сыну көрсеткішінің модуляция тереңдігіне және тордың ұзындығына байланысты. Шағылысу тормен шағылысатын жарық сигналының қуат үлесін сипаттайды. Шағылысу модуляция тереңдігіне және тордың ұзындығына байланысты.

Брэгг торлары әртүрлі салаларда кеңінен қолданылды, олар телекоммуникацияда талшықты-оптикалық байланыс жүйелерінде Брэгг торлары белгілі бір толқын ұзындығын, лазерлік диодты тұрақтандырғыштарды және дисперсияны өтеу үшін элементтерді таңдау үшін сүзгілер ретінде қолданылады.

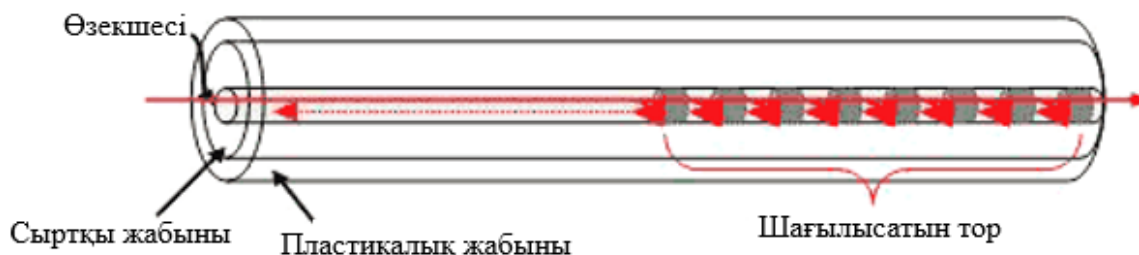
Сенсорлық жүйелері үшін Брэгг торлары температура, қысым, деформация және басқа параметрлер сенсорлар ретінде кеңінен қолданылады. Олар нақты уақыттағы күйін бақылау үшін әртүрлі құрылымдарға, соның ішінде бетон конструкцияларына ендірілуі мүмкін.

Медициналық диагностика Брэгг торлары дене ішіндегі температура мен қысым сияқты әртүрлі физиологиялық параметрлерді бақылау үшін қолданылатын оптикалық сенсорларды жасау үшін қолданылады.

Аэроғарыш өнеркәсібі бойынша бұл салада Брэгг торлары ұшақтардың құрылымдық өзгерістер мен деформацияларды бақылау үшін қолданылады.

Брэгг торларына негізделген сенсорлар сыртқы әсерлерге жауап ретінде Брэгг толқын ұзындығының өзгеруін өлшеу арқылы жұмыс істейді. Мысалы, температура өзгерген кезде сыну көрсеткіші мен тор периоды өзгереді, бұл Брэгг толқын ұзындығының ығысуына әкеледі. Бұл ығысуды жоғары дәлдікпен өлшеуге болады, бұл Брэгг торларын температура датчиктері ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Сол сияқты, механикалық кернеуде тордың деформациясы пайда болады, бұл Брэггтың толқын ұзындығының өзгеруіне әкеледі. Бұл Брэгг торларын деформация және қысым датчиктері ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.



1.2-сурет – Брэгг торының негізгі құрылымы

1.4 Талшықты-оптикалық сенсорлардың жұмыс принципі

Талшықты-оптикалық сенсорлар (FOS) температура, қысым, деформация және т.б. сияқты әртүрлі физикалық шамаларды өлшеу үшін жарықты пайдаланады. Бұл сенсорлардың негізгі элементі-жарық беру ортасы және сезімтал элемент ретінде әрекет ететін оптикалық талшық. Талшықты-оптикалық датчиктердің жұмыс принципі сыртқы факторлардың әсерінен талшықтың оптикалық қасиеттерінің өзгеруіне негізделген. Бұл мақалада талшықты-оптикалық датчиктердің негізгі жұмыс принциптері, түрлері мен қолданылуы қарастырылады [6].

Талшықты-оптикалық датчиктердің жұмыс принципі өлшенетін шаманың әсерінен талшық арқылы таралатын жарық сигналының параметрлерін өзгерту болып табылады.

Жарық қарқындылығы иілу, сіңіру немесе шашырау кезіндегі жоғалту нәтижесінде жарық сигналының қарқындылығының өзгеруі. Жарық фазасы оптикалық жол ұзындығының өзгеруінен туындаған жарық сигналының фазасының өзгеруі. Толқын ұзындығы деформациядан немесе температураның өзгеруінен туындаған Брагг торларындағы Брэгг толқын ұзындығының ығысуы. Жарықтың поляризациясы сыртқы факторлардың әсерінен жарық сигналының поляризация күйінің өзгеруі. Осы принциптердің әрқайсысы сәйкес физикалық шамаларды өлшеу үшін талшықты-оптикалық датчиктердің әртүрлі түрлерінде қолданылады.

Талшықты-оптикалық сенсорларды жұмыс принципі, өлшенетін шама және дизайн сияқты әртүрлі критерийлер бойынша жіктеуге болады.

Қарқындылық датчиктері жарық сигналының қарқындылығының өзгеруін өлшейді. Мысал ретінде талшық деформацияланған кезде оның иілуіндегі шығындарды тіркейтін иілу датчиктерін келтіруге болады.

Интерферометриялық датчиктер жарық сигналының фазалық өзгеруін өлшеуге негізделген. Мысалдарға Майкельсон интерферометрлері, Фабри-Перо және Маха-Цендер жатады. Интерферометриялық датчиктер қысымды, температураны және деформацияны дәл өлшеу үшін қолданылады.

Брэгг торларына негізделген сенсорлар деформация мен температураны өлшеу үшін Брэгг торлары талшыққа салынған және сыртқы жағдайлар өзгерген кезде өзгеретін жарықтың белгілі бір толқын ұзындығын көрсетеді.

Поляризациялық датчиктер жарық сигналының поляризациясының өзгеруін өлшейді. Олар қысым мен деформацияны өлшеу үшін қолданылады, өйткені жарықтың поляризациясы талшықтағы механикалық кернеулерге сезімтал. Талшықты-оптикалық датчиктер әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады, оның телекоммуникацияда оптикалық желілерде FOD талшықтардың күйін бақылау және зақымдану орындарын анықтау үшін қолданылады. Құрылыс құрылымдарында FOS құрылымдардың беріктігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз ететін деформацияларды, жарықтарды және басқа параметрлерді бақылау үшін қолданылады. FOS құбырлардың, резервуарлардың және басқа объектілердің жағдайын бақылау үшін қолданылады, бұл мұнай мен газдың сыртқа шықпауын және басқа зақымдарды уақтылы анықтауға мүмкіндік береді. Медицинада талшықты-оптикалық датчиктер температура мен қысым сияқты әртүрлі физиологиялық параметрлерді өлшеу үшін денеге енгізуге болатын миниатюралық датчиктерді жасау үшін қолданылады. Көбінесе әскери салаға қолдануға болатын таптырмас дүние болуы мүмкін.

Поляризациялық датчиктер жарық сигналының поляризация күйінің өзгеруін өлшейді. Жарықтың поляризациясы талшықтағы механикалық кернеулердің әсерінен өзгереді. Поляризацияның өзгеруін поляриметрлермен өлшеуге болады, бұл осы датчиктерді қысым мен деформацияны өлшеу үшін пайдалануға мүмкіндік береді [7-8].

Талшықты-оптикалық сенсорлардың артықшылықтары мен кемшіліктері бойынша оптикалық өлшеу әдістерін қолдану арқылы FOS жоғары дәлдік пен сезімталдыққа ие. Оптикалық талшықтарға электромагниттік кедергілер әсер етпейді, бұл қиын жағдайларда сенсорлардың жұмыс істеу сенімділігін қамтамасыз етеді. Оптикалық талшықтардың өлшемдері шағын және оларды әртүрлі конструкцияларға оңай біріктіруге болады. Оптикалық талшықтар жоғары беріктікке және сыртқы әсерлерге төзімділікке ие. Осының бәрі оптикалық талшыққа артықшылығына жатады. Дегенмен кейбір кемшіліктерін айта кеткен жөн олардың талшықты-оптикалық сенсорларды өндіру және орнату қымбат. Талшықты-оптикалық сенсорлармен жұмыс істеу үшін арнайы жабдықтарды талап етеді. Талшықты-оптикалық сенсорлардың кейбір түрлері температураның өзгеруіне сезімтал, бұл қосымша өтемақыны қажет етуі мүмкін.

Талшықты-оптикалық сенсорлар әртүрлі салалардағы әртүрлі физикалық шамаларды өлшеудің маңызды құралы болып табылады. Олардың жұмыс принципі сыртқы факторлардың әсерінен талшықтың оптикалық қасиеттерін өзгертуге негізделген. Өнімділігін жақсартуды жалғастыруда олардың ғылым мен техниканың жаңа салаларында қолданылуын кеңейтуде.

2 Құрылыста Брэгг торларын қолдану

Брэгг торлары құрылыс құрылымдарының күйін бақылаудың қуатты құралы болып табылады. Олар жоғары дәлдікке, беріктікке және деформация, температура және қысым сияқты әртүрлі физикалық параметрлерді өлшеу қабілетіне байланысты құрылыс индустриясында кеңінен қолданылды. Бұл мақалада біз Брэгг торларының жұмыс принципін, оларды құрылыс құрылымдарына біріктіруді және оларды пайдаланудың артықшылықтарын бірқатар деп айтуға болады.

Брэгг торларын құрылыс құрылымдарына біріктіру өлшеу дәлдігі мен сенсорлардың беріктігін қамтамасыз ету үшін мұқият тәсілді қажет етеді. Брэгг торлы сенсордың негізгі типі бойынша бөлінеді. Олардың орнатуы бойынша ішкі сыртқы болып бөлінеді. Сыртқы орнату кезінде бекіту дәрежелері олардың өлшеу дәлдігі бойынша орнатуды талап етеді.

Біріктірудің Брэгг торлары шағын өлшемдерге ие және жобада айтарлықтай өзгеріссіз әртүрлі құрылымдық элементтерге оңай біріктіріледі. Бір оптикалық талшықта көптеген Брэгг торлары болуы мүмкін, бұл талшықтың бүкіл ұзындығы бойынша әртүрлі параметрлерді көп нүктелі өлшеуге мүмкіндік береді [9].

Брэгг торлары құрылыс мониторингі мен диагностикасының әртүрлі аспектілерінде кеңінен қолданылды. Деформациялар мен кернеулерді бақылау бойынша Брэгг торлары көпірлер, ғимараттар және туннельдер сияқты құрылыс құрылымдарының әртүрлі элементтеріндегі деформациялар мен кернеулерді бақылау үшін қолданылады. Бұл құрылымдағы ықтимал қауіпті өзгерістерді ерте кезеңдерде анықтауға және қажетті шараларды қабылдауға мүмкіндік береді.

Жарықтар мен зақымдануларды бақылау нәтижесінде Брэгг торлары бетон және болат құрылымдардағы жарықтар мен басқа зақымдардың дамуын бақылау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл құрылымның күйін бағалауға және жөндеу жұмыстарын жоспарлауға мүмкіндік береді.

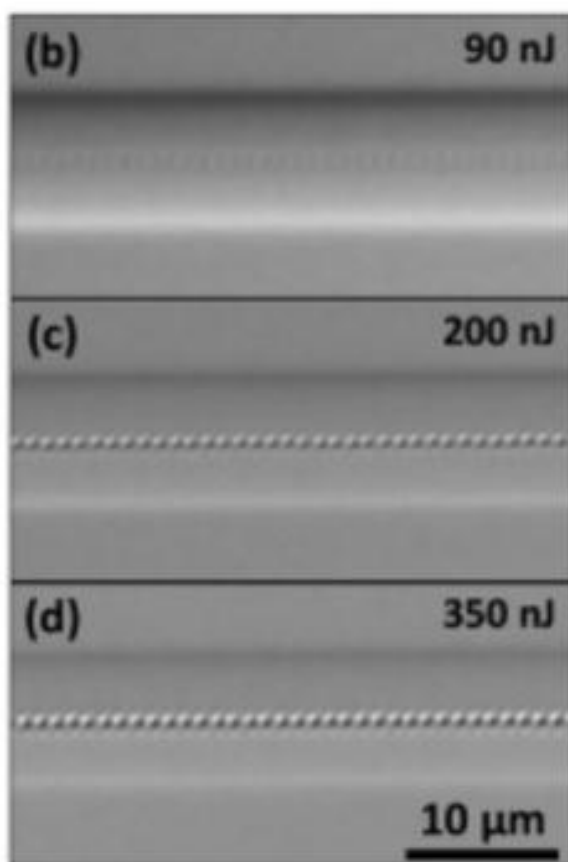
Температураның өзгеруін өлшеу нәтижесінде Брэгг торлары құрылымдардағы температураның өзгеруін өлшеуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе температураның төтенше жағдайында ғимараттар мен құрылыстардың күйін бақылау үшін өте маңызды.

Құрылымдардың күйін ұзақ мерзімді бақылау бойынша Брэгг торларын құрылыс құрылымдарының күйін ұзақ мерзімді бақылау үшін пайдалануға болады, бұл олардың бүкіл қызмет ету мерзімінде олардың күйін бақылауға және төтенше жағдайлардың алдын алуға мүмкіндік береді.

Басқару жүйелерімен интеграция Брэгг торларын автоматтандырылған басқару және бақылау жүйелерімен біріктіруге болады, бұл дизайн жағдайындағы өзгерістерге жедел жауап беруге және объектілердің жалпы қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

Негізінен құрылыста Брэгг торларын пайдалану құрылыс құрылымдарының күйін бақылау және диагностикалау үшін қуатты құралдарды ұсынады. Бұл сенсорлардың жоғары дәлдігі, беріктігі және сенімділігі оларды

ғимараттар мен құрылыстардың қауіпсіздігі мен беріктігін қамтамасыз ету үшін қажет етеді. Брэгг торларын құрылыс құрылымдарына біріктіру қажет.



2.1-сурет – Оптикалық талшықтың бетон конструкциясына біріктірілген нәтижесі [10]

Брэгг торының негізінде осы бетон конструкциясына біріктірілген түрі көрсетілген осы бойынша Брэгг торларының орналасу ретін байқай аламыз.

Бұл жерге Брэгг торы бар талшықты-оптикалық жарықшақ сенсоры бір режимді оптикалық талшықты қолдану арқылы жасалған. Бұл тор бетондағы жарықтар тудыратын деформацияларды оптикалық талшыққа беруге қызмет етеді. Оптикалық талшықтың беріктігі салыстырмалы түрде төмен болғандықтан, ол кішкене жарықтар пайда болған кезде бұзылады, бұл олардың орналасуын және бетон құрылымының зақымдану деңгейін рефлектометрмен анықтауға мүмкіндік береді [11].

Оптикалық талшықтарды тоқыма құрылымдарына біріктірудің әртүрлі әдістері, соның ішіне салу және сыртқы интеграциялау зерттелді. Мақсат оптикалық талшықтың иілуіндегі шығындарды азайтатын және сенімді қосылымды қамтамасыз ететін интеграция әдісін таңдау болды. Иілу шығынын азайту бойынша ең жақсы нәтижелерге ұсынған бір режимді иілу оңтайландырылған оптикалық талшықты пайдалану арқылы қол жеткізілді. 1.3-суретте тордың бетіне оптикалық талшықты интергрияланған түрі келтірілген.

Процесс аяқталғаннан кейін барлық сезімтал құрылым сополимерлі жабынмен тұрақтандырылды.

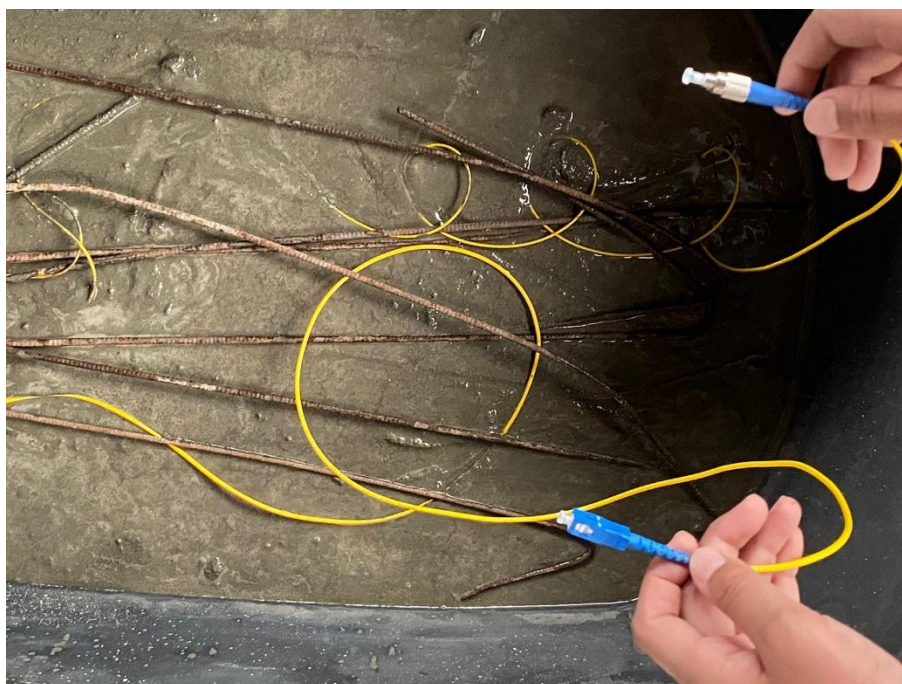
2.1 Бетон үлгілеріне Брэгг торларын орнату нәтижелері

Брэггтың талшықты-оптикалық торлары соңғы онжылдықтарда құрылымдық бақылаудың маңызды құралына айналды. Олар жоғары сезімталдық, көп нүктелі өлшеу мүмкіндігі және электромагниттік кедергілерге төзімділік сияқты бірқатар артықшылықтарды ұсынады. Бұл тұрғыда зерттеу Брэггтің бетон үлгілеріне орнату нәтижелеріне бағытталған.

Бетон үлгілері стандартты процедуралар арқылы дайындалды. Брэггтың талшықты-оптикалық торлары бетон құю алдында үлгілердің бетіне орнатылды. Бұл талшықтардың қатаю процесінде бетон құрылымына енуіне мүмкіндік берді.

Бетон қатайғаннан кейін сынамалар Брэггтың талшықты-оптикалық торлары жарықтарды анықтау және бетон күйін бақылау тиімділігін бағалау үшін бірқатар сынақтардан өтті. Бұл сынақтар сынамаларды жарықтар пайда болғанға дейін жүктеуді, содан кейін сынамалар толығымен жойылғанға дейін жүктемені одан әрі арттыруды қамтыды. Сынақ нәтижелері Брэггтың талшықты-оптикалық торлары бетондағы жарықтардың пайда болуын сәтті анықтайды, сонымен қатар олардың мөлшері мен орналасуы туралы ақпарат берді. Бұған Брэгг торларының талшықтың деформациясынан туындаған Брэгг толқын ұзындығының өзгеруін тіркеу қабілетінің арқасында қол жеткізілді.

Сонымен қатар, Брэггтың талшықты-оптикалық торлары сынақ процесінде бетонның прогрессивті бұзылуын бақылауға мүмкіндік берді. Олар жүктеменің жоғарылауымен жарықтар саны мен мөлшерінің ұлғаюын анықтады. Бұл олардың бетон құрылымдарындағы зақымдануды ерте анықтау құралы ретіндегі әлеуетін растады. Алайда, осы оң нәтижелерге қарамастан, кейбір мәселелер де анықталды. Атап айтқанда, Брэгг торларының температураға сезімтал болды, бұл өлшеу дәлдігіне әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар, олар орнату процесінде немесе бетонның үлкен деформациялары нәтижесінде зақымдалуы мүмкін. Тұтастай алғанда, Брэггтың талшықты-оптикалық торлары бетон үлгілеріне орнату нәтижелері олардың құрылымдық бақылаудың тиімді құралы ретіндегі әлеуетін растады. Сонымен қатар, олар анықталған мәселелерді шешу және Брэгг торларының дәлдігі мен сенімділігін жақсарту үшін қосымша зерттеулер жүргізу қажеттілігін атап өтті [12-13].



2.2-сурет – Бетонға контрукциясының дайындамасы



2.3-сурет – Бетонға контрукциясының оптикалық кабелді негіздеу

3 Оптикалық талшықтарды қорғау және қосу

Оптикалық талшықтарды бетон конструкцияларына біріктіру осы құрылымдардың күйін бақылаудың инновациялық әдісін білдіреді. Дегенмен, бұл талшықтарды қорғау және қосу мұқият қарастыруды қажет ететін маңызды аспектілер болып табылады.

Бетонға салынған оптикалық талшықтар әртүрлі әсерлерге ұшырайды, соның ішінде механикалық жүктемелер, ылғалдылық және температураның ауытқуы. Бұл талшықтардың зақымдалуына немесе олардың өнімділігінің нашарлауына әкелуі мүмкін. Сондықтан талшықтарды тиісті қорғауды қамтамасыз ету маңызды [14].

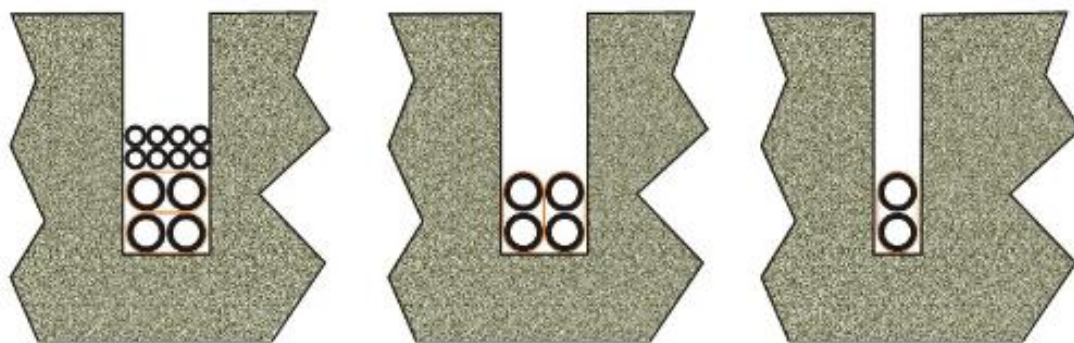
Қорғаныс әдістерінің бірі - қорғаныс қабықтарын немесе жабындарды пайдалану. Бұл материалдар талшықтарды механикалық зақымданудан физикалық қорғауды және қоршаған ортаның әсерінен қорғауды қамтамасыз ете алады. Сонымен қатар, олар температура немесе ылғалдылық өзгерген кезде талшықтардың оптикалық қасиеттерін тұрақты ұстауға көмектеседі.

Оптикалық талшықтарды қосу да маңызды аспект болып табылады. Талшықтар талшықтар арқылы берілетін сигналдарды оқу және түсіндіру үшін жабдыққа дұрыс қосылуы керек. Бұл арнайы қосқыштар мен адаптерлерді пайдалануды, сондай-ақ сенімді және тиімді қосылымды қамтамасыз ету үшін талшықты дәнекерлеу технологияларын пайдалануды қамтуы мүмкін.

Дегенмен, осы қорғаныс шараларына қарамастан, оптикалық талшықтар орнату немесе пайдалану процесінде әлі де зақымдалуы мүмкін екенін ескеру маңызды. Сондықтан олардың сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін талшықтарды үнемі тексеріп, күтіп ұстау маңызды.

Тұтастай алғанда, бетон конструкцияларындағы оптикалық талшықтарды қорғау және қосу қосымша зерттеулер мен әзірлемелерді қажет ететін маңызды аспектілер болып табылады. Бұл осы талшықтарды бетон конструкцияларының күйін бақылау және олардың қауіпсіздігі мен беріктігін қамтамасыз ету құралы ретінде тиімді пайдалануды қамтамасыз етуге көмектеседі [15].

Оптикалық талшықты бетон негіздемесіне салу мақсатында олардың қосымша байланыс кабелін тастаған жөн. Себебі оптикалық талшық сынақтар барысында сигнал жоғалса болмаса үзілген жағдайда резервтік кабельді пайдалана аламыз. Олардың бетон конструкциясы негіздей типтері 3.1-суретте көрсетілген.



3.1-сурет – Оптикалық талшықтың бетон негіздемесіне төсеу типтері

3.1 Жүктеме сынақтары және олардың түрлері температуралық сынақтар және деформация жағдайларына шолу

Бетон конструкцияларындағы жүктеме сынақтары құрылыстағы сапаны бақылау процесінің маңызды бөлігі болып табылады. Олар құрылымның беріктігі мен беріктігін, сондай-ақ оның әртүрлі жүктемелерге төтеп беру қабілетін анықтауға мүмкіндік береді.

Статикалық сынақтар құрылымға тұрақты немесе баяу өзгертін жүктеме әсер ететін ең көп таралған сынақ түрі. Статикалық сынақтар құрылым көтере алатын шекті жүктемені, сондай-ақ оның серпімділік модулі мен беріктік шегін анықтауға мүмкіндік береді.

Динамикалық сынақтар жағдайда құрылымға тез өзгертін немесе циклдік жүктемелер әсер етеді. Динамикалық сынақтар құрылымның діріл мен соққы жүктемелеріне төзімділігін, сондай-ақ оның шаршаусыз циклдік жүктемелерге төтеп беру қабілетін анықтауға мүмкіндік береді.

Температураны сынау бойынша сынақтар температураның өзгеруінің бетон қасиеттеріне әсерін анықтау үшін жүргізіледі. Сынақ процесінде дизайн әртүрлі температуралық режимдерге, соның ішінде төмен және жоғары температураларға, сондай-ақ температураның циклдік өзгерістеріне ұшырайды. Бетон конструкцияларындағы температуралық сынақтар олардың термиялық тұрақтылығын және термиялық жүктемелерге төзімділігін анықтау үшін жүргізіледі. Сынақ процесінде дизайн әртүрлі температуралық режимдерге, соның ішінде төмен және жоғары температураларға, сондай-ақ температураның циклдік өзгерістеріне ұшырайды. Температураны сынау процесінде анықталған маңызды параметр-бетонның термиялық кеңею коэффициенті. Бұл параметр температура өзгерген кезде құрылымның өлшемдері қаншалықты өзгертінін көрсетеді. Сонымен қатар, температураны сынау процесінде бетонның жылу өткізгіштігі анықталады, бұл жылудың материал арқылы қаншалықты тез таралатынын көрсетеді [16].

Деформация жағдайларына шолу бойынша бетон конструкцияларының деформациясы әртүрлі факторлардың әсерінен болуы мүмкін, соның ішінде

механикалық жүктемелер, температураның өзгеруі, ылғалдылық, химиялық әсерлер және т.б. Құрылымдардың күйіне тұрақты мониторинг жүргізу және олардың деформациялық сипаттамаларын анықтау үшін жүктеме сынақтарын жүргізу маңызды.

Жүктемені сынау процесінде беріктік шегі, серпімділік модулі, Пуассон коэффициенті және басқалары сияқты параметрлер анықталады. Бұл параметрлер құрылымның деформациясыз немесе бұзылусыз жүктемелерге төтеп беру қабілетін бағалауға мүмкіндік береді. Бетон конструкцияларындағы жүктеме сынақтары құрылыстағы сапаны бақылау процесінің маңызды бөлігі болып табылады. Олар құрылымның беріктігі мен беріктігін, сондай-ақ оның әртүрлі жүктемелерге төтеп беру қабілетін анықтауға мүмкіндік береді. температураны сынау және деформация жағдайларына шолу құрылымның әртүрлі сыртқы әсерлерге төзімділігін анықтауға және оның мерзімінен бұрын бұзылуын болдырмауға көмектеседі.

FOD (Fiber Orientation Distribution) - бұл материалдағы талшықтардың бағытын анықтау үшін қолданылатын әдіс. Жақында FOD-net сияқты жаңа әдістер әзірленді, олар FOD ажыратымдылығын жақсарту үшін терең оқытуды қолданады. Бұл талшық бағдарының таралуы туралы дәлірек және егжей-тегжейлі мәліметтер алуға мүмкіндік береді.

Бетон конструкциялары контекстінде Брэгг торлары құрылымның күйін бақылау үшін пайдаланылуы мүмкін. Брэгг торлары-бұл белгілі бір толқын ұзындығында жарықты көрсететін құрылымдар және осы толқын ұзындығындағы өзгерістер деформация немесе температураның өзгеруі сияқты құрылым күйінің өзгеруін көрсетеді. Бетон конструкцияларында Брэгг торларын модельдеудің әртүрлі әдістері бар. Мысалы, жұмыста Брэггтың талшықты торларының параметрлерін есептеуге мүмкіндік беретін математикалық модельдер мен әдістерге талдау жасалды. Басқа жұмыста Брэггтың талшықты торларын бақылаудың төрт жиілікті әдісі ұсынылған.

Бетон конструкцияларында Брэгг торларын модельдеуге арналған жаңа модельдерді әзірлеу белсенді зерттеу саласы болып табылатынын және үнемі жаңа тәсілдер мен технологиялар пайда болатынын атап өту маңызды. Бұл бетон конструкцияларының күйін бақылаудың сапасы мен дәлдігін жақсартуға және олардың мүмкіндігін арттыруға береді [17-18].

3.2 Matlab бағдарламасы бойынша математикалық модельдеу

Брэгг торының FOD деформациясын модельдеу бойынша ϵ – бетон құрылымындағы жарықтар тудыратын тоқыма торының деформациясы. Содан кейін тордың деформациясын L – тор ұзындығының өзгеруі арқылы сипаттауға болады:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.1)$$

мұндағы L_0 – бастапқы тор ұзындығы.

ϵ деформациясы оптикалық талшыққа беріледі, бұл жарық қарқындылығының өзгеруіне әкеледі бұл жерде I – талшық арқылы өтетін ток; мұны келесі формуламен сипаттауға болады:

$$I(\epsilon) = I_0 \cdot e^{\alpha\epsilon} \quad (3.2)$$

мұндағы I_0 – жарықтың бастапқы интенсивтілігі;

α – өшулік коэффициенті.

Жарықтардың орналасуын анықтау бойынша x жарықшағының орналасуын кері шашырау әдісін қолдана отырып, рефлектометрмен анықтауға болады:

$$x = \vartheta \cdot t \quad (3.2)$$

мұндағы ϑ – оптикалық талшықтағы сигналдың таралу жылдамдығы;

t – сигналдың таралу уақыты.

```
untitled15.m
1 % Параметры модели
2 L0 = 1.0; % начальная длина сетки, м
3 deltaL = 0.01; % изменение длины сетки, м
4 I0 = 1.0; % начальная интенсивность света
5 alpha = 0.5; % коэффициент потерь
6 v = 2e8; % скорость распространения сигнала в оптическом волокне, м/с
7
8 % Моделирование деформации текстильной сетки
9 epsilon = deltaL / L0;
10
11 % Передача деформации на оптическое волокно
12 I = I0 * exp(-alpha * epsilon);
13
14 % Обнаружение местоположения трещин
15 t = 5e-9; % время распространения сигнала, с
16 x = v * t;
17
18 % Вывод результатов
19 fprintf('Деформация текстильной сетки: %.4f\n', epsilon);
20 fprintf('Интенсивность света после деформации: %.4f\n', I);
21 fprintf('Местоположение трещины: %.2f м\n', x);
```

Name	Value
alpha	0.5000
deltaL	0.0100
epsilon	0.0100
I	0.9950
I0	1
L0	1
t	5.0000e-09
v	200000000
x	1

```
Command Window
>> untitled15
Деформация текстильной сетки: 0.0100
Интенсивность света после деформации: 0.9950
Местоположение трещины: 1.00 м
```

3.2-сурет – Matlab бағдарламасында есептік жүйе

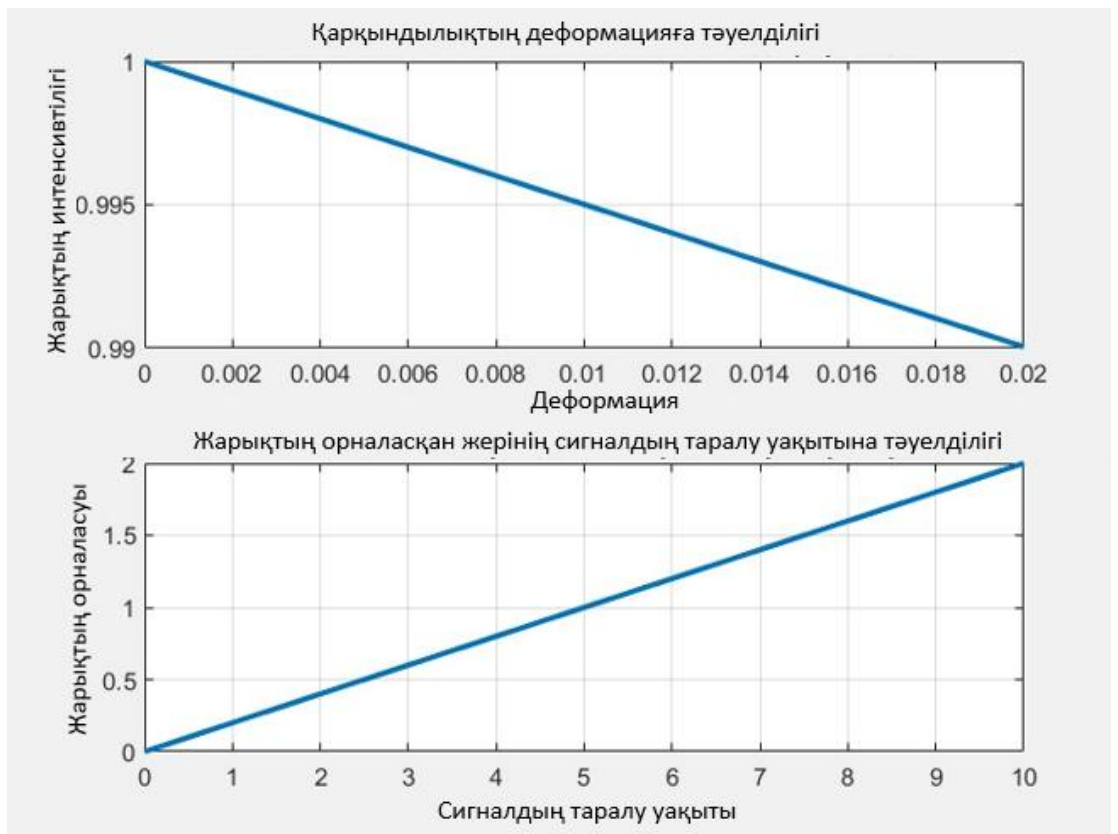
Оптикалық талшық бойынша FOD моделін анықтау барысында экспериментте қолданылған бірмодалы FC/UPC/FC/UPC SM SX 2.00mm LSZH – 3М кабелінің мәні қолданылды.

Бастапқы тор ұзындығы мәні – 1;

Жарықтың бастапқы интенсивтілігі мәні – 1;

Өшулік коэффициенті мәні – 0,5;

Оптикалық талшықтағы сигналдың таралу жылдамдығының мәні - $2 \cdot 10^8$ м/с тең болды.



3.3-сурет – Matlab бағдарламасында алынған нәтижелер бойынша график

4 Болашақ бағыттарын талдау

Бетон конструкциялары заманауи құрылыстың ажырамас бөлігі болып табылады. Олар тұрғын үйлерден бастап Көпірлер мен жолдарға дейін әртүрлі салаларда қолданылады. Дегенмен, беріктігі мен беріктігіне қарамастан, бетон конструкциялары әртүрлі жүктемелер мен әсерлерге ұшырайды, бұл олардың деформациясы мен бұзылуына әкелуі мүмкін. Сондықтан олардың жағдайын бақылау үшін тұрақты жүктеме сынақтарын жүргізу маңызды [19].

Соңғы жылдары бетон конструкцияларының жүктеме сынақтары саласындағы дамудың болашақ бағытын анықтай алатын бірқатар тенденциялар байқалды.

Модельдеу әдістерін дамыту бойынша машиналық оқыту және жасанды интеллект сияқты заманауи технологиялар мен алгоритмдер жүктеме сынақтарын модельдеуге жаңа мүмкіндіктер ашады. Олар көптеген параметрлер мен факторларды ескере алатын дәлірек және егжей-тегжейлі модельдер жасауға мүмкіндік береді.

Брэгг торларын пайдалану бетон конструкцияларының күйін бақылаудың перспективалы құралы болып табылады. Олар үздіксіз мониторинг жүргізуге және құрылымның күйіндегі шамалы өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді.

Температураны сынау климаттық жағдайлардың өзгеруін және жаһандық жылынуды ескере отырып, температураны сынау барған сайын өзекті бола түсуде. Олар бетон конструкцияларының экстремалды температуралық жағдайларға төзімділігін анықтауға және олардың мерзімінен бұрын бұзылуына жол бермейді.

Деформация жағдайларын ескеру жүктеме сынақтарын жүргізу ғана емес, сонымен қатар бетон конструкцияларын жобалау және салу кезінде деформация жағдайларын ескеру қажет. Бұл сізге тұрақты және берік құрылымдар жасауға мүмкіндік береді.

Бетон конструкцияларын жүктемелік сынау саласындағы дамудың болашақ бағыты технологиялардың дамуымен және қоршаған орта жағдайларының өзгеруімен анықталады деп айтуға болады. Бұл бетон конструкцияларының сапасы мен қауіпсіздігін жақсартуға жаңа мүмкіндіктер ашады [20].

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста бетон конструкцияларындағы Брэгг торлары бар FOD моделі математикалық түрде модельделінді. FOD торларына біріктірілген талшықты-оптикалық сенсорлар бетон конструкцияларының құрылымдық тұтастығын бақылаудың озық технологиясын ұсынады. Бұл тәсіл оптикалық талшықтардың жоғары сезімталдығын материалдарының механикалық беріктігі мен икемділігімен біріктіреді, бұл оны жарықтарды анықтау және оқшаулау үшін әсіресе тиімді етеді.

FOD модельді пайдалану арқылы, бетон құрылымының таңбалары мен механикалық қасиеттерін зерттелінді.

Бос кеңістіктегі оптикалық байланысты MATLAB программасында моделі алынды.

Брэгг торларынан алынған ақпаратты пайдалана отырып, бетондағы талшықтардың бағыты мен таралуын бағалау үшін алынған мәліметтерді талдалынды.

Брэгг торлары бар FOD моделі біріктірілген талшықты-оптикалық жарықшақ датчиктері бетон конструкцияларының құрылымдық тұтастығын бақылаудың инновациялық шешімі болып табылады. Олар жарықтарды анықтауда жоғары сезімталдық пен дәлдікті қамтамасыз етеді, бұл жөндеу жұмыстарын уақтылы жүргізуге және ауыр зақымданудың алдын алуға мүмкіндік береді. Осы саладағы ағымдағы зерттеулер мен әзірлемелер технологияны одан әрі жақсартуға және оларды инженерия мен құрылыстың әртүрлі салаларында қолдануды кеңейтуге уәде береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. M. Chen, B. Li, A. Masoudi, D. Bull and J. M. Barton, "Distributed Optical Fibre Sensor for Strain Measurement of Reinforced Concrete Beams," *2020 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*, Vientiane, Laos, 2020, pp. 102-107, doi: 10.1109/ICITBS49701.2020.00030.
2. J. L. Camas-Anzueto *et al.*, "Simple Configuration of a Fiber Optic Sensor for Measuring Deflection in Concrete Beams," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 23, no. 7, pp. 6840-6848, 1 April 2023, doi: 10.1109/JSEN.2023.3242584.
3. A. Theodosiou, P. Savva, E. Mendoza, M. F. Petrou and K. Kalli, "In-Situ Relative Humidity Sensing for Ultra-High-Performance Concrete Using Polymer Fiber Bragg Gratings," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 14, pp. 16086-16092, 15 July 2021, doi: 10.1109/JSEN.2021.3075609.
4. L. Wang, J. Hao and Y. Sai, "Crack Opening Estimate of Reinforced Concrete Using Optical Fiber Sensor," *2020 IEEE 5th Optoelectronics Global Conference (OGC)*, Shenzhen, China, 2020, pp. 137-139, doi: 10.1109/OGC50007.2020.9260432.
5. L. Jamal, S. Ahmad and K. K. Qureshi, "Reinforcement Corrosion Detection by Using Fiber Bragg Grating based Sensors," *2022 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)*, San Jose, CA, USA, 2022, pp. 1-2.
6. P. Banda, M. D. Tamin and J. Meyer, "Applied Quasi-Distributed Fibre Bragg Grating Strain Sensors in Structural Damage Sensing of a Bridge Structure," in *SAIEE Africa Research Journal*, vol. 113, no. 2, pp. 75-87, June 2022, doi: 10.23919/SAIEE.2022.9785541.
7. W. Z. Coetzee, S. van Eck, M. F. Grobler, M. J. Vannucci, R. M. Manuel and J. Bester, "Embedded Fibre Bragg Gratings to measure shrinkage during the early age of concrete," *AFRICON 2015*, Addis Ababa, Ethiopia, 2015, pp. 1-5, doi: 10.1109/AFRCON.2015.7331957.
8. Jinyu Wang and Gaifei Peng, "Experimental study on influences of polyvinyl alcohol fiber and steel fiber on fracture energy of high performance fiber reinforced cementitious composites," *2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*, Nanjing, 2011, pp. 5960-5963, doi: 10.1109/RSETE.2011.5965712.
9. S. J. Spammer and P. L. Fuhr, "Concrete embedded optical fibre Bragg grating strain sensors," *IEEE International Symposium on Industrial Electronics. Proceedings. ISIE'98 (Cat. No.98TH8357)*, Pretoria, South Africa, 1998, pp. 330-334 vol.1, doi: 10.1109/ISIE.1998.707802.
10. N. G. M. Koffi, T. A. Eftimov, A. Arapova, F. J. Lesage, W. J. Bock and A. Cherif, "Simultaneous Measurement of Thermal Gradient and Average Temperature in Concrete Blocks Using Nonuniform Long-Period Optical Fiber Gratings," in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 71, pp. 1-8, 2022, Art no. 9509308, doi: 10.1109/TIM.2022.3195245.

11. S. A. Wade, K. T. V. Grattan, B. McKinley, L. F. Boswell and C. D'Mello, "Incorporation of fiber-optic sensors in concrete specimens: testing and evaluation," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 127-134, Feb. 2004, doi: 10.1109/JSEN.2003.820352
12. M. R. Islam, M. Bagherifaez, M. M. Ali, H. K. Chai, K. -S. Lim and H. Ahmad, "Tilted Fiber Bragg Grating Sensors for Reinforcement Corrosion Measurement in Marine Concrete Structure," in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 64, no. 12, pp. 3510-3516, Dec. 2015, doi: 10.1109/TIM.2015.2459511.
13. Kun Pan, C. C. Yang and A. Nanni, "Optical Fiber Interferometric Sensor For Monitoring Strain/stress In Concrete," *LEOS '90. Conference Proceedings IEEE Lasers and Electro-Optics Society 1990 Annual Meeting*, Boston, MA, USA, 1990, pp. 188-189, doi: 10.1109/LEOS.1990.690539.
14. K. I. Aziz, S. M. Hama and H. M. L. Kuhair, "Efficiency of Waste Plastic Fiber on Behavior of Composite Steel Plate-Concrete Push Out Test," *2018 11th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE)*, Cambridge, UK, 2018, pp. 335-339, doi: 10.1109/DeSE.2018.00066.
15. J. Calero, Sou-Pan Wu, C. Pope, Shun Lien Chuang and J. P. Murtha, "Theory and experiments on birefringent optical fibers embedded in concrete structures," in *Journal of Lightwave Technology*, vol. 12, no. 6, pp. 1081-1091, June 1994, doi: 10.1109/50.296203.
16. D. -H. Kim and M. Q. Feng, "Real-Time Structural Health Monitoring Using a Novel Fiber-Optic Accelerometer System," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 7, no. 4, pp. 536-543, April 2007, doi: 10.1109/JSEN.2007.891988.
17. W. Ying, X. Jianfeng, R. Wei, L. Baohong, Z. Renxian and Z. Cuiping, "A Study on Sensing Properties of Nickel Protected and Embedded Fiber Bragg Grating Based on Stress Analysis," *2019 IEEE 5th International Conference on Computer and Communications (ICCC)*, Chengdu, China, 2019, pp. 587-591, doi: 10.1109/ICCC47050.2019.9064296.
18. H. -z. Xu and D. Zhang, "Wavelet-Based Data Processing for Distributed Fiber Optic Sensors," *2006 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Dalian, China, 2006, pp. 4040-4045, doi: 10.1109/ICMLC.2006.258858.
19. D. O. McPolin, P. A. M. Basheer, A. E. Long, W. Xie, T. Sun and K. T. V. Grattan, "Development and Longer Term In Situ Evaluation of Fiber-Optic Sensors for Monitoring of Structural Concrete," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 9, no. 11, pp. 1537-1545, Nov. 2009, doi: 10.1109/JSEN.2009.2021796.
20. H. Su, J. Li, J. Hu and Z. Wen, "Analysis and Back-Analysis for Temperature Field of Concrete Arch Dam During Construction Period Based on Temperature Data Measured by DTS," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 13, no. 5, pp. 1403-1412, May 2013, doi: 10.1109/JSEN.2012.2227468.

ҒЫЛЫМИ ЖЕКТЕКШІНІҢ ШІКІРІ

дипломдық жұмыс

Назарова Аружан Нұрланқызы

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы

Тақырыбы: «Бетон конструкцияларындағы Брэгг торлары бар FOD модельдеу»

Дипломдық жұмыс бетон конструкцияларының деформациясын бақылау үшін Брэгг торларының дамуы мен өнімділігін талдауды қарастырады. Температураны өтеуге және деректерді өңдеу алгоритмдеріне ерекше назар аударылады, бұл деформацияны өлшеудің дәлдігін жақсартады.

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.

Бұл зерттеу құрылыс индустриясы үшін жаңа мүмкіндіктер ашатын бетон конструкцияларының қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін Брэгг торларын пайдаланудың маңызды әлеуетін көрсетеді.

Студент дипломдық жұмыс жасауда ғылым саласында өздігінен жұмыс істей алу қабілетін көрсете алды.

Жалпы, дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (90%) деген баға, ал студент Назарова Аружан Нұрланқызы 6B07112 – Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасының бакалавр академиялық дәрежесіне лайықты деп санаймын.

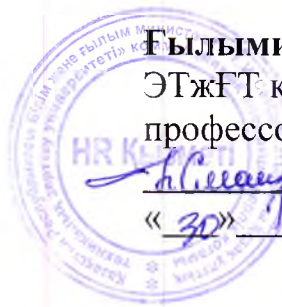
Ғылыми жетекші:

ЭТЖҒТ каф.

профессор PhD

 Смайлов Н.Қ.

«30» 10 2024 ж.



Дипломдық жұмысқа

СЫН – ПІКІР

Назарова Аружан Нұрланқызы

«6B07112 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы»

Тақырыбы: «Бетон конструкцияларындағы Брэгг торлары бар FOD модельдеу»

- а) графикалық бөлімі 9 бет;
б) түсіндірме жазбасы 34 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Бұл дипломдық жұмыста бетон конструкцияларының деформациясын бақылау үшін Брэгг торларының дамуы мен өнімділігін талдауды қарастырады. Температураны өтеуге және деректерді өңдеу алгоритмдеріне ерекше назар аударылады, бұл деформацияны өлшеудің дәлдігін жақсартады.

Брэгг торлары бетон конструкцияларының бақылауға арналған перспективалық құралдар болып табылады. Олар құрылымдардың қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін маңызды болып табылатын жоғары дәлдік пен сенімді деформацияны өлшеуді қамтамасыз етілген.

Бетон конструкцияларында Брэгг торлары бар сенсорларын практикалық қолдану бойынша болашақ зерттеу бағыттары мен ұсыныстар талқыланған.

Назарова Аружан Нұрланқызы осы зерттеу барысында құрылыс индустриясы үшін жаңа мүмкіндіктер ашатынын көрсете алған, дегенмен бетон конструкцияларының қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін Брэгг торларын пайдаланудың маңызды әлеуетін толық аша алған.

Назарова Аружан Нұрланқызы дипломдық жұмысты жазу барысында ғылым саласында өздігінен жұмыс істей алу қабілетін көрсете алды.

ЖҰМЫС БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (92%) деген баға, ал студент Назарова Аружан Нұрланқызы 6B07112 – Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасының бакалавр академиялық дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Сын-пікір беруші:

Г.Дәукеев атындағы

АЭЖБ Университеті

қауымдастырылған профессор PhD

Н.К.Алмуратова

2024 ж.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Назарова Аружан Нұрланқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Бетон конструкцияларындағы Брэгг торлары бар FOD модельдеу

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 5.4

Коэффициент Подобия 2: 3.1

Микропробелы: 23

Знаки из здругих алфавитов: 2

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:

2024-06-01

Дата



Сұңғат Марксұлы

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Назарова Аружан Нұрланқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Бетон конструкцияларындағы Брэгг торлары бар FOD модельдеу

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 5.4

Коэффициент Подобия 2: 3.1

Микропробелы: 23

Знаки из других алфавитов: 2

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.

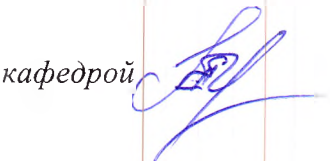
Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом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

Обоснование:

2024-06-01

Дата

Заведующий кафедрой



**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: Назарова Аружан Нұрланқызы

Тақырыбы: Бетон конструкцияларындағы Брэгг торлары бар FOD модельдеу

Жетекшісі: Нуржигит Смайлов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 5.4

2-ұқсастық коэффициенті (5): 3.1

Дәйексөз (35): 0.9

Әріптерді ауыстыру: 2

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 23

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:

2024-06-01

Күні

Кафедра меңгерушісі

