

Г.Б. Кашаганова^{1,2}, Д.А. Оразбаева³

¹Туран Университеті, Алматы, Қазақстан

²Satbayev University, Алматы, Қазақстан

³ Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

E-mail: guljan_k70@mail.ru

ЖОЛ ЖАБЫНЫНЫҢ КҮЙІН БАҚЫЛАУ ҮШІН ТАЛШЫҚТЫ БРЭГГ ТОР НЕГІЗІНДЕГІ ТАЛШЫҚТЫ ДАТЧИКТИҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ СҰЛБАСЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Талшықты Брэгг торы (ТБТ) негізіндегі талшықты датчиктер кернеу, деформация, орын ауыстыру, температура, діріл және қысым сияқты әртүрлі физикалық параметрлерді өлшеу үшін пайдаланылды. ТБТ негізіндегі талшықты датчиктер жол құрылымына біріктіруге болатын заманауи технология болып табылады, ол нақты уақыт режимінде жол қозғалысынан туындаған деформация көрсеткіштерін қамтамасыз етеді және жол құрылымының күйін бақылауды қамтамасыз етеді.

ТБТ негізіндегі талшықты датчиктер нақты уақыттағы деформация мен температураны өлшеу қолданылатын жүктеме әсерінен жол жабыны құрылымының нақты әрекетін түсінуге көмектеседі және жол жабыны жобасын тексеруге ықпал етеді.

Бұл жұмыста температура мен деформацияны бір уақытта өлшеу үшін ТБТ негізіндегі талшықты датчиктің құрылымдық сұлбасы әзірленді, талшық датчиктің жіктелуі және параметрлері қарастырылды. Брэгг толқын ұзындығының ауысуының теориялық болжамдары ұсынылды. Брэгг толқын ұзындығының ығысуын қолдана отырып, механикалық деформацияға тәуелді емес температураны анықтауға және механикалық деформацияны анықтауға мүмкіндік беретіндегі қарастырылды.

Түйінді сөздер. Талшықты датчик, талшықты Брэгг торы, құрылымдық сұлба, жол жабыны.

Кіріспе.

Жол қозғалысының қарқындылығы және қоршаған ортаның қатаң шарттары (яғни температура, топырақ шөгіндісі және ылғалдылық) пайдалану сипаттамаларына және жол жабынының қолдану мерзімінен бұрын зақымдалуына айтарлықтай әсер етеді. Деформация сипаттамаларын көрсету және жол жабынының кездейсоқ зақымдануын анықтау, жөндеу және техникалық қызмет көрсету бойынша пайдалы ұсыныстар бере алатын жергілікті мінез-құлықты бақылау үшін оптикалық талшықты өлшеу технологиясын әзірлеу өте маңызды. Бұл үшін қазіргі уақытта ең тиімді құрал-жол жабындарының күйін толық бақылауды қамтамасыз ететін талшықты Брэгг торына (ТБТ) кіріктірілген талшықты датчиктерді пайдалану [1].

ТБТ – жарықтың белгілі бір толқын ұзындығын көрсететін және басқалардың барлығын жіберетін/өткізетін қысқа талшық сегменттерінде жасалған типтік таратылған Брэгг рефлекторлары. Бұған талшықтың өзегінде белгілі бір толқын ұзындығын көрсететін диэлектрлік айна түзетін сыну коэффициентін мезгіл-мезгіл өзгерту арқылы қол жеткізіледі. ТБТ құрылымы сыну көрсеткішінің мәндеріне және/немесе тор кезеңіне байланысты өзгеруі мүмкін. Тор кезеңі бірдей немесе өзгермелі болуы мүмкін, оны орналастыруға немесе суперқұрылым шеңберінде таратуға болады. Сыну көрсеткішінің екі негізгі сипаттамасы бар: сыну көрсеткішінің профилі және орын ауыстыру. Әдетте

сыну көрсеткішінің профилі бірдей/біркелкі немесе аподизацияланған болуы мүмкін, ал сыну көрсеткішінің ығысуы оң немесе нөлге тең болуы мүмкін [2].

Жол жабынына арналған бақылау – өлшеу аспаптары үшін пайдаланылатын датчиктер жол жабынына арналған материалдардың табиғатымен және механикалық қасиеттерімен барынша үйлесімді болуы тиіс. Біріншіден, датчиктер битум қабаттарында кірістірілген болмауы үшін мүмкіндігінше аз болуы керек. Екіншіден, деформацияны өлшеу үшін датчиктердің қаттылығы жол жабынының механикалық қасиеттерін дұрыс өлшеу үшін асфальт қоспасының қаттылығына сәйкес келуі керек. Сонымен қатар, кіріктірілген датчиктер жол жабынының құрылысы кезінде (жоғары температура мен қысу) ең жоғары кернеулерге төтеп беруі керек. Осыдан кейін, егер ұзақ мерзімді бақылау қарастырылса, датчиктер коррозияға және термомеханикалық шаршау жағдайларына төзімді болуы керек [3].

ТБТ талшықты датчиктердің маңызды бөлігі болып табылады. ТБТ иілуге және сыртқы сыну көрсеткішіне сезімтал емес. Бұл деформацияны, температураны және басқа параметрлерді өлшеуді ыңғайлы және дәл етеді.

ТБТ негізіндегі талшықты датчиктер жол инфрақұрылымында бірегей артықшылықтарының арқасында қолданылады: шағын өлшем, жеңіл салмақ, жоғары сезімталдық, коррозияға төзімділік, электромагниттік кедергіге қарсы иммунитет, жоғары өткізу қабілеті, агрессивті ортаға ендіру қабілеті, орнатудың қарапайымдылығы және ұзақ қызмет ету мерзімі. Бұл артықшылықтар сенімді ұзақ мерзімді жол жабынын бақылау датчиктері үшін әлеуетті шешім болуы мүмкін [2].

Жол жабыны – жүктеме мен табиғи-климаттық факторлардың тікелей әсерін қабылдайтын және жолдың негізгі көлік және пайдалану қасиеттерін анықтайтын берік құрылым.

Жол жабының дизайны қоршаған ортаға аз зиян келтіретін шешімдерді жасау үшін үнемі жетілдіріліп отыруы керек, сонымен қатар қазіргі көлік жүктемесін ескере отырып, үнемді және сапалы болуы керек.

Жол жабынын жобалау өте күрделі үрдіс, өйткені қабатты серпімділік теориясы жол төсемінің нақты күйіне сәйкес келмейтін есептеу нәтижелерін ұсынады, бұл төсем материалдарының кернеуі мен деформациясы арасындағы біркелкі емес, анизотропты және сызықтық емес байланысты елемейді.

Жол жабынын бақылау жолдардың құрылысы мен күтімін бағалау үшін өте маңызды.

Соңғы кезде талшықты технологияны қолдана отырып, жол жабынын бақылау үшін ең тиімді құрал, талшықты датчиктер болып отыр. Талшықты датчиктер жол жабынын толық бағалауға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, ТБТ негізіндегі талшықты датчиктерді қолдану – жол құрылымына интеграцияланатын, жол қозғалысынан туындаған деформацияны нақты уақыт режимінде көрсетуді қамтамасыз ететін және жол құрылымының күйін бақылауды қамтамасыз ететін заманауи технология.

Деформация және температура нақты уақыт режимінде өлшеу барысында ТБТ негізіндегі талшықты датчиктер қолданылатын жүктеме әсерінен жол жабыны құрылымының нақты әрекетін түсінуге көмектеседі, осылайша ұсынылған жол жабыны жобасын тексеруге ықпал етеді.

Толық бақылау жүйесі үш негізгі элементтен тұрады: арнайы деректерді жинау жүйесіне қосылған кіріктірілген сенсорлық құрылғылар; датчиктерден келетін жаппай деректерді кейіннен өңдеу; және, ақырында, жол желісінің жалпы күйін көрсететін және техникалық қызмет көрсету қажет болған жағдайда ескертетін ыңғайлы интерфейс.

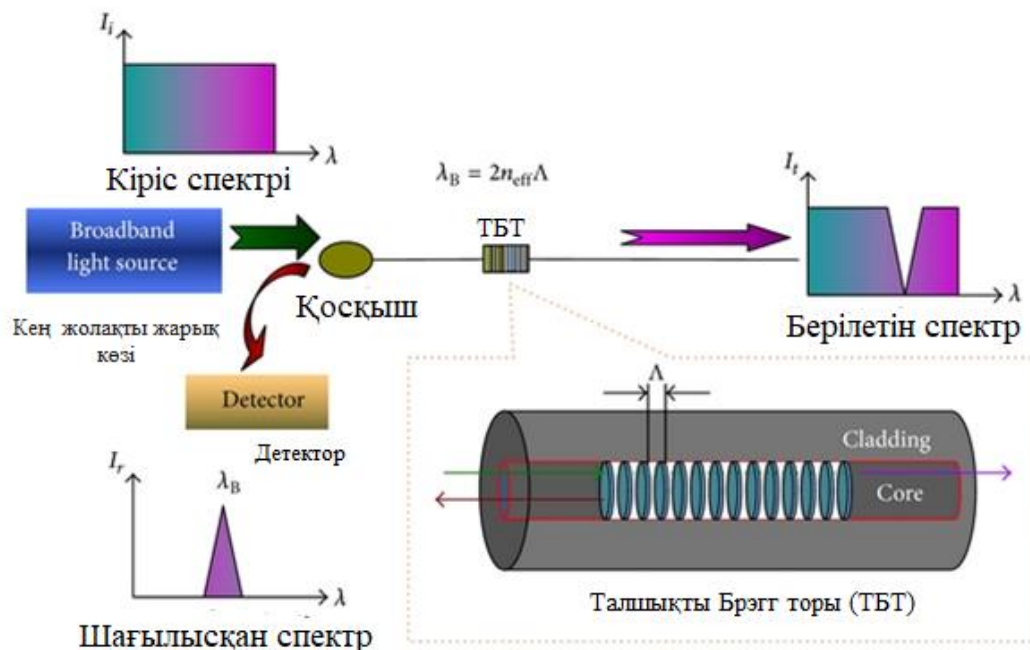
Әрі қарай, осы мақала барысындағы зерттеулерде осы құрылғыларды егжей-тегжейлі қарастырамыз.

Материалдар мен тәсілдер.

ТБТ негізіндегі талшықты датчиктердің сұлбасы, жіктелуі және негізгі параметрлері

Талшықты-оптикалық технологияның дамуымен талшықты Брэгг торға негізіндегі датчиктер, жылдам реакция, электрлік пассивтілік, коррозияға төзімділік, көп нүктелі өлшеу мүмкіндігі және өндірістің төмен құны сияқты маңызды артықшылықтарына байланысты жол жабынының күйін бақылау үшін жиі қолданылады. ұзақ уақыт бойы жоғары дәлдік пен ажыратымдылық. Бұл сипаттамалар ТБТ бақылау үшін балама сезімтал элемент ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

1-суретте ТБТ негізіндегі талшықты датчиктің жұмыс принципі көрсетілген.



1 сурет – ТБТ негізіндегі талшықты датчиктің жұмыс принципі

Жұмыс принципі орталық шағылысатын толқын ұзындығы бар селективті толқын ұзындығы сүзгісі ретінде әрекет ететін талшық өзегінің сыну көрсеткішінің мерзімді өзгеруіне негізіндегі. Датчиктер туралы ақпарат ТБТ көрінетін оптикалық спектрде кодталады. Сыртқы бұзылыс (температура, деформация) орталық Брэгг толқын ұзындығының ығысуын тудырады [4].

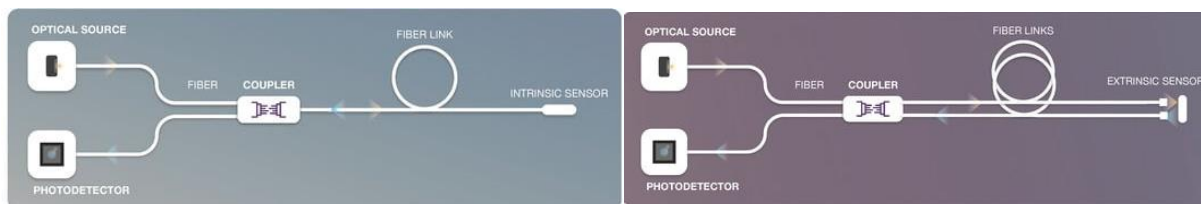
Талшықты датчиктің негізгі бөлігі ретінде оптикалық талшық әдетте кварц шыныдан немесе полимерлі материалдан жасалады, ол өздігінен сезімтал элемент ретінде әрекет ете алады немесе жарықты көзден модулятор элементіне жібере алады. Құрылымның деформациясы немесе температурасы өзгерген кезде, бетке орнатылған немесе құрылымға енгізілген талшықты датчик кеңейеді немесе қысылады. Оптикалық талшықтың ұзындығының өзгеруіне сәйкес талшықты датчик жарықты модуляциялайды және құрылымның тиісті физикалық шамасын алу үшін оптикалық сигналды аналитикалық блокқа қайтарады.

Талшықты датчиктердің жіктелуін қарастырамыз.

Талшықты датчиктер үш негізгі топқа бөлінеді: торларға негізіндегі, интерферометриялық және үлестірілген. Бұл жұмыста біз ТБТ негізіндегі талшықты датчиктерді қарастырамыз.

Өлшенетін шамаға және қолдануға байланысты талшықты датчиктер келесі санаттарға бөлінеді: физикалық, химиялық және биомедициналық.

Орналасуы бойынша талшықты датчиктер, ішкі кірістірілген немесе сыртқы деп жіктеуге болады.



сол жақта – ішкі кіріктірілген талшықты датчик, оң жақта – сыртқы талшықты датчик

2 сурет – Датчиктердің орналасуын ескере отырып, талшықты датчиктер түрлері

Ішкі кірістірілген датчик оптикалық талшықты сезімтал материал ретінде, сондай-ақ өлшенген ақпаратпен оптикалық сигнал беру ортасы ретінде тікелей пайдаланады. Олар оптикалық талшыққа бағытталған жарықты тікелей модуляциялау арқылы жұмыс істейді және жарық анықтаудың соңында ғана талшықты қалдырмайды. Осы типтегі датчикте физикалық бұзылулар оптикалық талшықтың сипаттамаларын өзгертеді, талшық арқылы өтетін жарықтың қасиеттерін өзгертеді. Сонымен қатар, модуляцияланған жарықты шағылысу немесе шашырау арқылы сол талшыққа қайтаруға болады, содан кейін қайтадан анықтау жүйесіне бағытталады. Қарапайым талшықты датчиктер жарықтың қарқындылығын өлшейді және тек жарық көзі мен детекторды қажет етеді.

Ішкі кірістірілген датчиктерді әртүрлі параметрлерді өлшеу үшін алыс қашықтықтағы үлестірілген зондау үшін пайдалануға болады, мысалы: температураны оптикалық талшықтағы жарықтың комбинациялық шашырауын талдау арқылы немесе температураға тәуелді сөнетін шығынды тасымалдайтын талшықты пайдалану арқылы өлшеуге болады; электр кернеуін кернеу немесе электрлік функция ретінде жарықтың поляризациясын талдау арқылы өлшеуге болады [5].

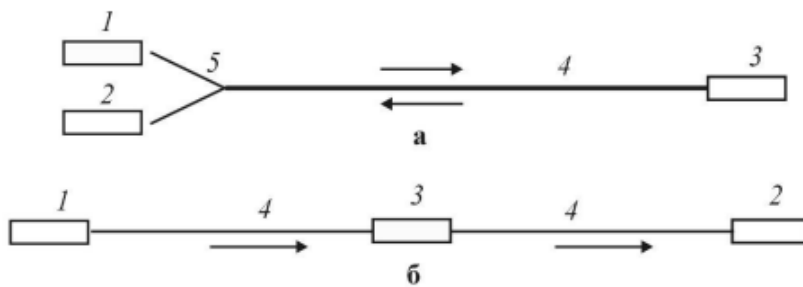
Бұл датчиктердің артықшылығы, олар бір уақытта бір жерде температура мен деформация өлшей алады бұл әсіресе шағын, күрделі құрылымдардан ақпарат алу кезінде пайдалы. Әртүрлі салада температура мен деформацияны дәл өлшеу үшін ішкі талшықты-оптикалық датчиктер қолданылады. Ұзақ қашықтықтағы температура мен деформацияны бір мезгілде өлшеу үлкен қашықтықта (> 30 км) өлшеуге мүмкіндік беретін Бриллюэннің шашырау әсерін зерттеу кезінде де мүмкін.

Сыртқы немесе гибриді талшықты датчик жарықты оптикалық датчиктің басы орналасқан жерге бағыттайды. Датчиктің басы оптикалық талшықтың сыртында орналасқан және қызығушылық тудыратын физикалық бұзылуларға байланысты қоршаған ортаның өзгеруіне жауап ретінде жарық қасиеттерін модуляциялау үшін қолданылатын кішігірім компоненттерге негізіндегі. Оптикалық энергия талшықтың бір ұшынан датчик басына беріледі, ал талшықтың екінші ұшы модуляцияланады және оптикалық датчикке қосылады.

Датчиктің бұл түрінде оптикалық талшық жарықты оптикалық датчиктің басы орналасқан жерге және одан алыстату үшін қолданылады. Сыртқы датчиктер дірілді, айналуы, орын ауыстыруды, жылдамдықты, үдеуді және температураны өлшеу үшін қолданылады [5]. Сыртқы талшықты датчиктер шу мен сигналдың бұрмалануына төзімділікті қамтамасыз етеді, алайда датчиктердің басқа түрлерімен интеграциялау қиынға соғуы мүмкін, өйткені басқа датчиктер электр шығысын шығарады, содан кейін оны оптикалық сигналға айналдыру керек.

Жұмыс принципі бойынша талшықты-оптикалық датчиктерді қарқындылық модуляциясы, толқын ұзындығы модуляциясы, фазалық модуляциясы, шашырау немесе поляризация негізінде датчиктерге бөлуге болады.

Талшықты датчиктердің түрлері мен конструкцияларының алуан түрлілігі бар. Дегенмен, мұндай датчиктерді құрудың негізгі принциптерін бөліп көрсетуге болады. Талшықты датчиктердің мысалында осы принциптерді қарастырамыз. Талшықты датчиктердің кейбір құрылымдық сұлбасы 3-суретте көрсетілген. Әдетте, мұндай датчиктерде сәулелену көзі (мысалы, жартылай өткізгіш лазер немесе жарық диоды), сәулелену қабылдағышы (мысалы, фотодиод немесе талшықты спектрометр), талшықты жіберетін және физикалық шама оптикалық сигналға айналатын сезімтал элемент бар. Осы негізгі элементтерден басқа, датчиктер, олардың жұмыс істеу принципіне байланысты, басқа оптикалық элементтерді қамтуы мүмкін: поляризаторлар, линзалар және т. б.



1-сәулелену көзі (лазер), 2-фотодетектор, 3 - сезімтал элемент, 4-таратушы оптикалық талшық, 5 - талшықты Y-сплиттер (қосқыш)

3 сурет – Датчиктердің кейбір түрлерінің құрылымдық сұлбасы

ТБТ бірнеше физикалық параметрлермен анықталады. L торының ұзындығы - сыну көрсеткішінің модуляциясы жүзеге асырылатын оптикалық талшықтың ұзындығы. Сыну көрсеткішінің модуляция жиілігі мен амплитудасы сәйкесінше Λ және δn арқылы белгіленеді. Бұл параметрлердің шамасының реті әдетте Λ үшін 200 нм-ден 1000 нм-ге дейін, L үшін бірнеше мм-ден бірнеше ондаған см-ге дейін және δn үшін 10^{-5} -тен 10^{-3} -ке дейін өзгереді. Мұндай наразылық екі қарама-қарсы таралатын өзекше режимдерінің арасындағы жарық байланысын тудырады. Бұл режимдік байланыс Брэгг толқын ұзындығына жақын кейбір толқын ұзындығында пайда болады, келесідей анықталады:

$$\lambda_B = 2n_{eff} \cdot \Lambda, \tag{1}$$

мұндағы: n_{eff} – тор жазылған талшық өзекшесіндегі сынудың тиімді көрсеткіші;
 Λ – тор кезеңі.

1-теңдеуде көрсетілгендей, Брэггтың толқын ұзындығы тиімді сыну көрсеткішімен және тор кезеңімен байланысты. Тиімді сыну көрсеткіші мен тор кезеңін өзгертетін кез келген физикалық үрдіс тордың Брэгг толқын ұзындығының ығысуын тудырады. Егер талшыққа кернеу қолданылса, тордың Брэгг толқын ұзындығының өзгеруі келесідей болуы мүмкін:

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B \times \left(\frac{\partial\Lambda}{\Lambda} / \frac{\partial l}{l} + \frac{\partial n_{eff}}{n_{eff}} / \frac{\partial l}{l} \right) \times \frac{\Delta l}{l}. \tag{2}$$

мұндағы:

l - тордың ұзындығы, Δl - бекіту ұзындығының өзгеруі .

Толқын ұзындығы деформацияға ғана емес, температураға да сезімтал. Брэггтың толқын ұзындығының өзгеруін келесідей жазуға болады:

$$\Delta\lambda_B = \alpha_T \cdot \Delta T \cdot \lambda_B, \quad (3)$$

мұндағы:

α_T – Брэгг торының температуралық сезімталдығының параметрі

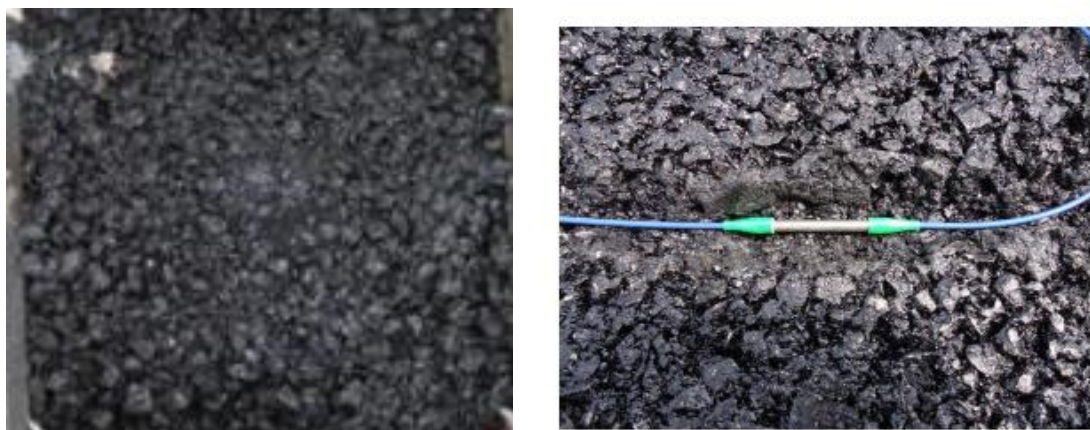
ΔT – калибрлеу температурасына қатысты температураның өзгеруі.

Нәтижесінде қолданылатын деформация мен температураның өзгеруіне байланысты Брэгг толқын ұзындығының салыстырмалы ығысу формуламен көрсетілуі мүмкін

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B \times \left(\frac{\partial\Lambda}{\Lambda} / \frac{\partial l}{l} + \frac{dn_{eff}}{n_{eff}} / \frac{\partial l}{l} \right) \times \frac{\Delta l}{l} + \alpha_T \cdot \Delta T \cdot \lambda_B. \quad (4)$$

Нәтижелер және талқылау.

Эксперимент үшін асфальт қоспасының үлгісі қолданылып, онда талшықты сенсор орнатылды (4-сурет). ТБТ өте нәзік және жүктеме кезінде оңай сынуы мүмкін; сондықтан бұл датчиктерді тиісті қорғау қажет. Деформацияны да, температураны да өлшеу дәлдігіне кепілдік беретін тиісті қорғаныс үшін органикалық модуляцияланған және керамикалық қапталған торлар сыртқы диаметрі 1 мм және сыртқы диаметрі 0,5 мм жоғары тығыздықтағы полиэтиленмен қорғалған қосымша жабыны бар шыны талшықты арматураланған пластиктен жасалған дөңгелек профильге салынған. Бұл датчиктер деформацияның өте жоғары деңгейін өлшей алады (10000 мкм-ден жоғары/ м) және ұзақ мерзімді тұрақтылықты көрсетуі керек. Жұмыс температурасының диапазоны 200 °С дейін, иілуге сезімталдық, буындардың болмауы, массивтің конфигурациясы және біркелкі жабыны, бұл талшықтарды асфальт төсемінде қолдану үшін өте маңызды.



4 сурет – Үлгіге талшықты датчикті орнату

ТБТ негізіндегі талшықты датчиктердің негізгі параметрлері:

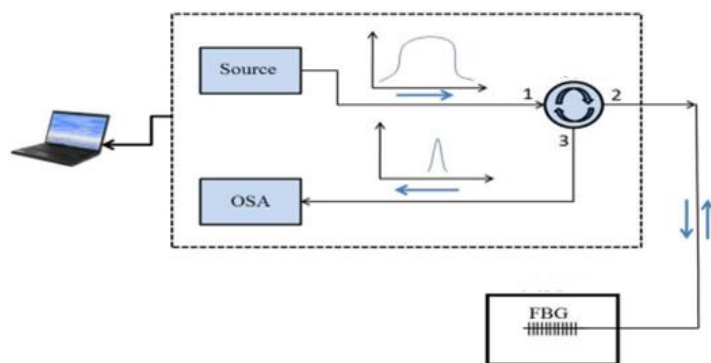
Өлшенетін параметрлер – кернеу, температура

Орталық толқын ұзындығы 1544,800 нм және 1554,558 нм

Өлшеу диапазоны – кернеулер ± 5000 мкЭ

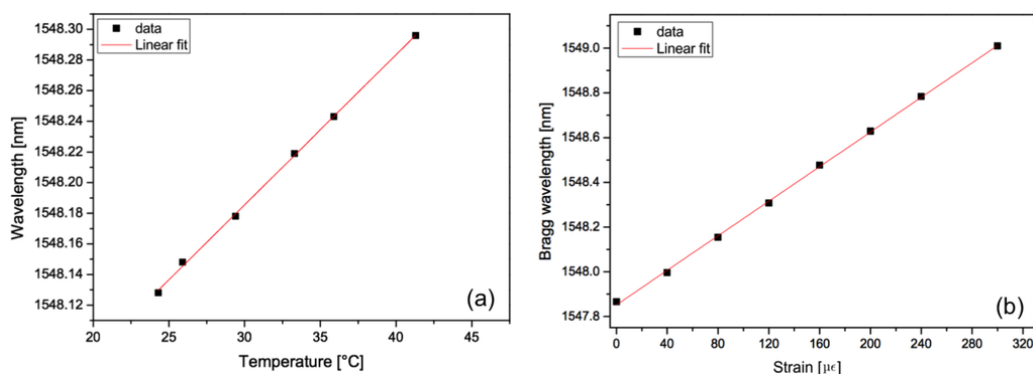
Дәлдік: кернеулер – < 1 мкм, температура $\pm 0,3$ °С

Эксперименттік қондырғының толық құрылымдық схемасы 5-суретте көрсетілген.



5 сурет – ТБТ негізіндегі талшықты датчиктің құрылымдық сұлбасы

6-суретте температураға тәуелділіктің Брэгг толқын ұзындығының ығысуы (сол жақта) және деформацияның өзгеруі (оң жақта) көрсетілген. Олар сәйкесінше 0,1 °C-қа дейінгі пештің және 1 мк-ге дейінгі тарту жүйесінің арқасында алынды, мұнда ТБТ бар оптикалық талшық екі тіректің арасына бекітілді, біреуі қозғалмайтын және біреуі қозғалмалы. Өзгерістер сызықтық және гистерезиссіз жүреді, бұл зондтау мақсатында өте ыңғайлы.



6 сурет – Температураның өзгеруіне және механикалық деформацияға байланысты Брэггтың толқын ұзындығының ығысуы

Жоғарыда айтылғандай, ТБТ негізіндегі датчиктердің басты артықшылығы – бұзылу туралы ақпарат толқын ұзындығы бойынша кодталады. Бұл қасиет датчикті өзін-өзі реттейтін және жарық деңгейінің ауытқуына тәуелсіз етеді. Осылайша, жүйе талшықты датчиктердің көптеген басқа түрлеріне әсер ететін қуат көзі мен қосқыштың жоғалуына қарсы тұрады. Өте төмен кірістіру шығындары және ТБТ толқын ұзындығының тар жолақты шағылысуы бір режимді оптикалық талшық арқылы ыңғайлы сериялық мультиплекстеуді қамтамасыз етеді. Кәдімгі электрлік тензометриялық датчиктермен салыстырғанда ТБТ негізіндегі датчиктер басқа артықшылықтары бар, мысалы, көптеген шамалар бойынша жауап беру сызықтығы. Сонымен қатар, ТБТ ішкі деформация өрісінің зақымдануын анықтау үшін материалдарға оңай енгізілуі мүмкін. Осылайша, ТБТ негізіндегі датчиктердің ақылды дизайн технологиясын әзірлеу және бақылау үшін өте маңызды компоненттер болып табылады.

Қорытынды.

ТБТ негізіндегі талшықты датчиктер қозғалыс, жел, жер сілкінісі, жарылыс құбылыстары, тіректерді тазарту және т.б. сияқты стресстік әсерлерге реакцияны бағалау

үрдісінде пайдалы. ТБТ негізіндегі датчиктер асфальт төсеу жүйелерінде ылғалдың жиналуы сияқты ауа-райын бақылау үшін өте қолайлы, өйткені олар жиі тез бұзылудың негізгі себебі болып табылады.

ТБТ негізіндегі талшықты датчиктер мен талшықты-оптикалық сенсорлық жүйелердің құрылымдық интеграциясы инженерияның жаңа саласын білдіреді және зияткерлік қалалардың инфрақұрылымын құрудағы үлкен жетістік болып табылады. Қазіргі уақытта ТБТ негізіндегі талшықты датчиктер кез келген ақылды талшықты-оптикалық басқару жүйесінің негізгі және таптырмас құрамдас бөлігі болып табылады. Жақсы жұмыс істейтін басқару жүйесі, әдетте, осы жүйеге қажетті ақпаратты жинауға және өңдеуге мүмкіндік беретін ТБТ негізіндегі талшықты датчиктер массивімен жабдықталуы қажет. Деректерді жинағаннан кейін талшықты-оптикалық жүйе қоршаған ортаны толық сипаттауға және оның жұмысын сәйкесінше реттеуге қабілетті.

Бұл жұмыста әртүрлі бағыттағы датчиктердің күрделі топологиясын (температура, механикалық кернеу) зерттеуге мүмкіндік беретін ТБТ зерттеуі жүргізілді.

Тұтастай алғанда, талшықты датчиктер бірнеше конструкцияларда орташа деформацияны, кернеуді және температураны өлшеу кезінде жоғары сезімталдық пен дәлдікті көрсетеді. Сонымен қатар, талшықты датчиктер икемді және реттелетін және кез-келген бағытта орнатылуы мүмкін. Дегенмен, зертханалық және жергілікті сынақтарды қамтитын қосымша зерттеулер қажет.

Зерттеу «Жас ғалым» ГҚ № АР 14972921 «Жол жабындарының жай-күйін мониторингтеуге арналған талшықты датчикті зерттеу және әзірлеу» жобасы шеңберінде жүргізілді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Кашаганова Г.Б., Козбакова А.Х., Тогжанова К.О. Жол жабынын бақылау үшін талшықты брэгг торлары негізінде талшықты датчиктерді зерттеу ҚазККА Хабаршысы № 3 (122), 2022, 263-270 б

[2] Кашаганова Г.Б. Көлбеу талшықты Брэгг торларына негізіндегі талшықты датчиктердің негізгі параметрлерін және оларға сыртқы факторлардың әсерін зерттеу ҚазККА Хабаршысы № 4 (123), 2022, 537-545б

[3] Chapelot, X.; Blanc, J.; Maid, Gauthier, J.-L.; Carroget, J. Evaluation of crack detection in the road surface using distributed fiber-optic sensor technology. J. Iv. Structure. Monit's health. 2017, 7, 459–470.

[4] Wang Ho, B.; Lee, G.; Boatwain, E.; Messina, J.; Kalatimekkad, S.; M askeri, O.; Webb, DJ; Sugden, K.; Van Dael, P.; Van Stenberge, G. Ultra-small integrated fiber-optic sensor system. Sensors 2012, 12 , 12052-12069

[5] Santos, J. L.; Frazoa, O.; Baptista, J. M.; Jorge, Pennsylvania; Diaz, I.; Araujo, FM; Ferreira, L.A. Fiber optic sensor networks. In Proceedings of the SBMO/IEEE MTT-S International Conference on Microwave Radiation and Optoelectronics (IMOC) 2009, Belen, Brazil, November 3-6, 2009; pp. 290-298.

REFERENCES*

[1] Kashaganova G.B., Kozbakova A.H., Togzhanova K.O. Zhol zhabynyn bakylau ushin talshyky brjegg torlary negizinde talshyky datchikterdi zertteu KazKKA Habarshysy № 3 (122), 2022, 263-270 b

[2] Kashaganova G.B. Kolbeu talshyky Brjegg torlaryna negizindegi talshyky datchikterdin negizgi parametrlerin zhane olarga syrtyky faktorlardyn әserin zertteu KazKKA Habarshysy № 4 (123), 2022, 537-545b

[3] Chapelot, X.; Blanc, J.; Maid, Gauthier, J.-L.; Carroget, J. Evaluation of crack detection in the road surface using distributed fiber-optic sensor technology. *J. Iv. Structure. Monit's health*. 2017, 7, 459–470.

[4] Wang Ho, B.; Lee, G.; Boatswain, E.; Messina, J.; Kalatimekkad, S.; M askeri, O.; Webb, DJ; Sugden, K.; Van Dael, P.; Van Stenberge, G. Ultra-small integrated fiber-optic sensor system. *Sensors* 2012, 12 , 12052-12069

[5] Santos, J. L.; Frazoa, O.; Baptista, J. M.; Jorge, Pennsylvania; Diaz, I.; Araujo, FM; Ferreira, L.A. Fiber optic sensor networks. In *Proceedings of the SBMO/IEEE MTT-S International Conference on Microwave Radiation and Optoelectronics (IMOC) 2009*, Belen, Brazil, November 3-6, 2009; pp. 290-298.

Gulzhan Kashaganova, PhD, Turan University, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, guljan_k70@mail.ru

Dinara Orazbayeva, doctoral student, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, dinara_o.a@mail.ru

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A SCHEMATIC DIAGRAM OF A FIBER SENSOR BASED ON A FIBER BRAGG GRATINGS FOR MONITORING THE CONDITION OF THE ROAD SURFACE

Annotation. Fiber sensors based on the fiber Bragg gratings (FBG) have been used to measure various physical parameters such as stress, strain, displacement, temperature, vibration and pressure. Fiber sensors based on FBG are a modern technology that can be integrated into the road structure, providing indicators of deformation caused by traffic in real time and providing monitoring of the condition of the road structure.

Fiber sensors based on FBG measuring deformation and temperature in real time help to understand the exact behavior of the pavement structure due to the applied load and contributes to the verification of the pavement design.

In this paper, a schematic diagram of a fiber sensor based on FBG for simultaneous measurement of temperature and deformation is developed, the classification and parameters of the fiber sensor are considered. Theoretical predictions of the Bragg wavelength shift have been proposed. Using the Bragg wavelength shift, it is possible to determine the temperature, which does not depend on the mechanical deformation and allows you to determine the mechanical deformation.

Keywords. Fiber sensor, fiber Bragg gratings, schematic diagram, road surface.

Гульжан Кашаганова, PhD, Университет Туран, Satbayev University, Алматы, Казахстан, guljan_k70@mail.ru

Динара Оразбаева, докторант, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, dinara_o.a@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ВОЛОКОННОГО ДАТЧИКА НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ БРЭГГА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Аннотация. Волоконные датчики на основе волоконной решетки Брэгга (ВРБ) использовались для измерения различных физических параметров, таких как напряжение,

деформация, смещение, температура, вибрация и давление. Волоконные датчики на основе ВРБ – современная технология, которая может быть интегрирована в дорожную структуру, обеспечивая показатели деформации, вызванной дорожным движением, в режиме реального времени и обеспечивая контроль состояния дорожной конструкции.

Волоконные датчики на основе ВРБ измеряя деформацию и температуру в режиме реальном времени помогают понять точное поведение конструкции дорожного покрытия из-за приложенной нагрузки и способствует проверке проекта дорожного покрытия.

В данной работе разработана структурная схема волоконного датчика на основе ВРБ для одновременного измерения температуры и деформации, рассмотрена классификация и параметры волоконного датчика. Были предложены теоретические предсказания сдвига длины волны Брэгга. Используя сдвиг длины волны Брэгга, можно определить температуру, которая не зависит от механической деформации и позволяет определить механическую деформацию.

Ключевые слова. Волоконный датчик, волоконная решетка Брэгга, принципиальная схема, дорожное покрытие.
