

Кашаганова Г.Б.^{1,2}

¹Туран Университеті, Алматы, Қазақстан

²Satbayev University, Алматы, Қазақстан

E-mail: guljan_k70@mail.ru

КӨЛБЕУ ТАЛШЫҚТЫ БРЭГГ ТОРЛАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ТАЛШЫҚТЫ ДАТЧИКТЕРДІҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЖӘНЕ ОЛАРҒА СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада жол жабынының бақылау үшін көлбеу талшықты Брэгг торларына (КТБТ) негізделген талшықты датчиктерді қолдану сипатталған. Көлбеу талшықты Брэгг торларға негізделген талшықты датчиктер (ТД) жол жабынының құрылымдарын бақылау үшін деформация мен температураны бір уақытта өлшеу мүмкіндігін қамтамасыз ете алады.

Көлбеу талшықты Брэгг торы – бұл белгілі бір қабық режимдерін таңдамалы түрде қоздыруға арналған әмбебап құрылғы, ол арқылы оптикалық датчиктерде жүзеге асырылуы мүмкін тордың спектрлік реакциясын бақылау арқылы қоршаған орта күйінің өзгеруін тіркеуге болады.

Көлбеу талшықты Брэгг торлары қашықтықтан өңдеу қабілеті сияқты дәстүрлі торларға негізделген датчиктердің барлық артықшылықтарын сақтайды және өте аз салмақ пен өлшемдегі көп параметрлі датчиктерді жасау үшін қолданылады, бұл датчиктерді зерттелетін құрылымдарға ендіруге немесе бекітуге мүмкіндік береді. Температура мен деформацияны өлшеу көлбеу талшықты Брэгг торлары негізгі режимнің толқын ұзындығының ығысуына негізделген. Температураға сезімталдық шамамен 10 мкм/°С құрайды. КТБТ спектрлік сипаттамалары және олардың сыртқы факторларына әсері қарастырылады.

Түйінді сөздер. Талшықты датчиктер, көлбеу талшықты Брэгг торлары, температура, деформация, жол жабыны, параметрлер.

Кіріспе.

Қазіргі уақытта талшықты датчиктерді қолдана отырып, нақты уақыт режимінде жол жабынын бақылау жүйелері үшін біз жол жабынның күйі, олардың деформация, температура, қаттылық және тығыздық сияқты сипаттамаларының жауаптары туралы нақты деректерді ала аламыз. Датчиктерден алынған ақпаратты жол жабынының өнімділігі мен жарамдылығын талдау және бағалау үшін, әсіресе жаңа материалдарды, қоспаларды жобалау процедураларын немесе жол жабының құрылымдарын бағалау және қолдану үшін пайдалануға болады. Талшықты датчиктер жол жабынының күйі мен өнімділігін бақылау және бағалау үшін жылдам, тұрақты, арзан және мультиплекстеу жүйесін нақты уақыт режимінде қамтамасыз етеді. Нақты уақыттағы мониторинг жүйелері объектінің күйін бақылауға мүмкіндік береді, осылайша ерте кезеңде апаттық жағдайлардың туындау мүмкіндігін анықтап, тиісті қызметтерді хабардар етеді. Бұл апаттар қаупін азайтуды және объектілерді пайдалану кезінде экономикалық тиімділікті арттыруды қамтамасыз етеді.

Жол жабынын жобалау негізінен және әдетте жалпы жол құрылымының барлық деңгейлерінде көлік жүктемелерінің тиімді таралуын қамтамасыз ету үшін қажет құрылымды ұзақ мерзімді бағалау үрдісі болып табылады. Жолдың жалпы құрылымы жоғарғы қабаттан, бір немесе бірнеше негізгі қабаттардан, негізден және жер төсемінен

тұрады. Осы деңгейлерде пайда болатын кернеулер мен деформациялар қолданылатын материалдардың шегінде болуы керек. Жол жабынын жобалаудың мақсаты-жұмыс шығындарын (материалдар, құрылыс, техникалық қызмет көрсету және қалдық құнын) қоса алғанда, бүкіл қызмет мерзімі ішінде жол жабынының құнын азайту арқылы таңдалған жүктеме параметрлері шегінде көлік жүктемелерін тиімді бөлетін инженерлік құрылымды құру; пайдаланушының шығындары (қозғалыстың кешігуі, жол жұмыстарындағы апаттар, сырғанау). бақытсыз жағдайлар, отын шығыны/шиналардың тозуы және қалдық қоры); қоршаған ортаға әсері және т.б.

Жол жабынын өлшеу үшін қолданылатын датчиктер жол жамылғысы материалдарының гетерогенді табиғаты мен механикалық қасиеттеріне соншалықты сәйкес келуі керек. Біріншіден, датчиктер битум қабаттарында тым жабысқақ болмауы үшін мүмкіндігінше аз болуы керек. Екіншіден, деформацияны өлшеу үшін сенсорлардың қаттылығы жол жабынының механикалық қасиеттерін дұрыс өлшеу үшін асфальт-бетон қоспасының қаттылығына сәйкес келуі керек. Сонымен қатар, кіріктірілген датчиктер жол жабынын салу рдісінде (жоғары температура мен қысу) ең жоғары жүктемелерге төтеп беруі керек. Осыдан кейін, егер ұзақ мерзімді бақылау қарастырылса, бұл датчиктер коррозияға және термомеханикалық шаршау жағдайларына төзімді болар еді [1].

Бақылау жүйелерін құрудың негізі дұрыс датчик түрлерін таңдау болып табылады. Жоғарыда аталған мәселелерді шешудің бір нұсқасы – әртүрлі типтегі талшықты датчиктерге негізделген кіріктірілген басқару жүйелерін қолдану.

Мұндай жүйелерді қолдану құрылымдық, химиялық және механикалық үйлесімділік тұрғысынан технологиялық тұрғыдан негізделген, минималды массалық сипаттамалармен, жарылыс және өрт қауіпсіздігі, электр оттары жүйесінің жұмысына әсер етпеу, радиоэлектрондық жабдықтармен электромагниттік үйлесімділік, мультиплекстеу және жұмыс факторларының әсерінен талшықты датчиктердің тұрақтылығы.

Жоғарыда аталған талаптар талшықты Брэгг торларға (ТБТ) негізделген талшықты датчиктерге сәйкес келеді. Атап айтқанда, өзімізде зерттеулер біз көлбеу талшықты Брэгг торларына негізделген талшықты датчиктерді қарастырамыз.

ТБТ – ұзындығы бірнеше миллиметрлік оптикалық талшықтардың кішкене бөлігі, онда дифракциялық тор ультракүлгін әсерімен жазылады. Бұл тордың оптикалық қасиеті-түсетін спектрдің жақын оптикалық жолағын көрсету. ТБТ жылу және механикалық тітіркендіргіштерге сезімтал болу үшін туа біткен қасиеттерге ие. Брэгг толқын ұзындығы температураның өзгеруіне және/немесе деформацияға пропорционалды болады.

Жаңа мыңжылдықтың басынан бастап талшықты-оптикалық Брэгг құрылымдарына қызығушылық артып келеді. Олардың қолданылуының үлкен саны, олардың арасында жүйелерді атап өтуге болмайды өнеркәсіптік ағынды суларды бақылау, сыну көрсеткішін өлшеу Жарық, кернеу, акустикалық толқын, деформация, температура, діріл, ылғалдылық, сұйықтық деңгейі, күштер, ауытқулар, магнит өрісі, геомеханикалық шамалар, биіктік пен қысымды өлшеу, мысалы, авиацияда, күйді өлшеу механикалық құрылымдар, соның ішінде бетон, көпірлер, тіректер, теміржол құрылымдары, құбырлар, бақылау датчиктері оларды қолданудың жаңа тәсілдеріне деген қызығушылықтың күрт өсуіне себеп болды.

Бұл жұмыста жол жабындарының күйін бақылау үшін КТБТ негізделген талшықты датчиктерді қолдануды зерттейтін боламыз.

Материалдар мен тәсілдер.

Талшықты датчиктерді шартты түрде нүктелік, квази-үлестірілген және үлестірілген деп жіктеуге болады. Нүктелік ТД деп бақылау объектісіндегі датчиктің өзі орналасқан жергілікті аймақта бақыланатын параметрлерді (деформация, температура, орын ауыстыру және т.б.) өлшейтін датчиктер түсініледі.

Нүктелік ТД ретінде ультракүлгін жазу әдісімен немесе фемтосекундтық әдіспен қалыптасқан ТБТ әртүрлі түрлері (суперқұрылымды, көлбеу, аподизацияланған және т.б.) жиі қолданылады.

Квази-бөлінген талшықты датчиктер, олар нүктелік массивтер болып табылады талшықты датчик, олар бір талшықты жарық өткізгіште де, Көп арналы мәліметтер алу құрылғыларын пайдалануды ескере отырып, бірнеше талшықты жарық өткізгіштерде де орналасуы мүмкін, әдетте 4 немесе одан да көп. Бақылау объектісіне монтаждау нүктелік дәнекерлеу әдісімен, әдетте металл конструкциялар үшін, бетіне желімдеу әдісімен немесе темірбетон конструкциялары жағдайында жүзеге асырылады, содан кейін ол бетонмен құйылады.

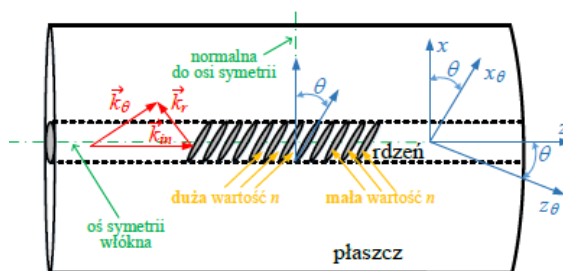
Құбыр және газ құбырлары сияқты ұзартылған объектілерді бақылау үшін Рэлей, Раман және Мандельштам-Бриллюэн эффектілеріне негізделген таратылған бақылау жүйелері қолданылады. Мұндай талшықты датчик шын мәнінде талшықты жарық өткізгіш (кабель) болып табылады, онда параметрлерді өлшеу берілген рұқсат ету қабілетімен жүзеге асырылады, ондаған сантиметрден ондаған метрге дейін, егер біз 30, 50 және тіпті 100 км ұзын объектілерді бақылау туралы айтатын болсақ. Әдетте, мұндай талшықты датчиктер бақылау объектісіне арнайы байланыстардың көмегімен орнатылады немесе. периметрлерді бақылау немесе, мысалы, пойыздардың қозғалысы жағдайында олар жерге қажетті тереңдікке көміліп, мониторинг жүргізіледі.

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 локализациялауға 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 сысуы оң немесе нөлге тең болуы мүмкін.

ТБТ бірнеше ерекше түрлері бар: чирпирленген [4], көлбеу [5], бірнеше ТБТ суперпозициялары [6, 7] және фазалық ығысу торлары [8, 9]. Дифракциялық құрылымдардың соңғы түрлері-бұл екі аймаққа шартты түрде бөлінген ТБТ, олардың жалпы сәулеленуі Брэгг резонансының толқын ұзындығында фазаға қарсы болады. Мұндай құрылымдар шағылысу жолағында тар өткізу аймағын, бірнеше ондаған немесе пикометрлердің бірліктерін байқауға мүмкіндік береді.

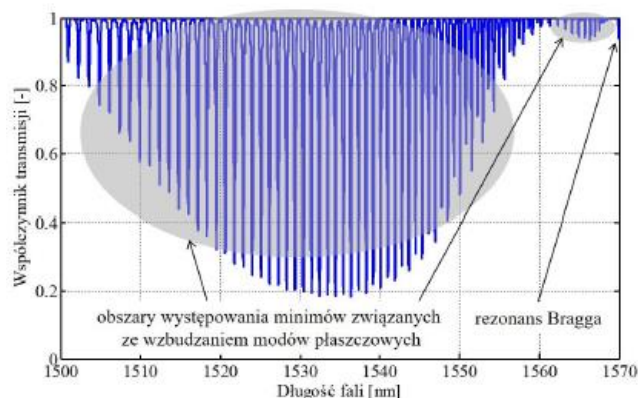
Мұндай датчиктердің жалпы жұмыс принципі сыртқы әсерлердің әсерінен Брэгг толқын ұзындығының өзгеруіне негізделген. Дегенмен, сенсорлық элементтердің ықтимал конструкцияларының спектрі классикалық Брэгг құрылымдарымен шектелмейді. Мұндай құрылғылардың қатарында КТБТ ерекше орын алады.



1 сурет – Көлбеу талшықты Брэгг торы

Жарық өткізгіштегі көлбеу сызықшалар арқасында мұндай торда қабықша режимдерінің дискретті жиынтығы қозғалады, ол өткізу спектрінде толқын ұзындығының кең диапазонында спектрлік құлдырау түрінде көрінеді. Қабықша сәулелену режимдері жарық өткізгіштің сыртқы бетімен әрекеттесетіндіктен, бұл қасиет сыртқы ортаның физикалық параметрлерін өлшеу үшін сенсорлық жүйелерде қолданылуы мүмкін. 1-суретте қабықша режимдерін қоздыру принципі айқын көрсетілген. Айта кету керек, векторлардың мұндай құрылысы жалғыз мүмкін емес. Әр түрлі тиімділігі бар ТБТ жарықты әр түрлі бұрыштарға шашырата алады, бұл бұрыштардың секторы сызықшалардың бұрышына байланысты. Сондықтан, қабықша режимдерінің жиынтығы әр түрлі болуы мүмкін, олардың фазалық қозуы жағдайын қанағаттандырады және тордың дифракциясының тиімді бұрыштары секторында жатыр. Геометриялық оптика тұрғысынан бұл режимдер жарық өткізгіштің бетіне әртүрлі бұрыштарда таралатын сәулелерге сәйкес келеді деп айтуға болады, бұл әрі қарай КТБТ сенсорлық элементтер ретінде қолданудың маңызды факторы болып табылады.

КТБТ өткізу спектрінде қабықша режимдерінің тез әлсіреуіне байланысты шағылысу спектрінде жоқ бірнеше резонанстық шыңдар бар. Қабықша режимдерінің таралу бағыты θ_{int} торының көлбеу бұрышына байланысты болады (сурет. 1). Егер $\theta_{int} < 45^{\circ}$ болса, онда ядро режимі қарама-қарсы бағытта таралатын қабық режимімен әрекеттеседі, ал егер $\theta_{int} > 45^{\circ}$ болса, онда сол бағытта.



2 сурет – 6° тең бұрышқа көлбеуленген сыну көрсеткіші модуляцияланған КТБТ спектрлік сипаттамалары

Мұндай КТБТ өткізу спектрі әдеттегі Брэгг торымен салыстырғанда едәуір күрделі және қозған қабық режимдеріне сәйкес келетін толқын ұзындығында спектрлік құлдырауды қамтиды. 2-суретте сызықшалар бұрышы 6° болатын КТБТ спектрінің мысалы келтірілген. Рефлексияның негізгі Брэгг шыңы спектрдің оң жағында көрінеді, барлық басқа шыңдар қабық режимдеріне сәйкес келеді. Айта кету керек, мұндай тордың шағылысу спектрінде тек Брэгг шыңы көрінеді. Осылайша, әр түрлі қабық режимдерінің таралуы сыртқы ортаның параметрлеріне, атап айтқанда оның сыну көрсеткішіне байланысты.

Оптикалық талшық ядросындағы сыну көрсеткішінің модуляциясының көлбеуі мүлдем жаңа қасиеттерге және олардың дамуы мен қолданылуына байланысты мүмкіндіктерге әкеледі.

КТБТ ерекше қызығушылығы перспективалы плазмалық сенсорлардың негізі болып табылады. Яғни, беттік плазмондық резонанс әсерімен жұмыс істейтін датчиктер.

Нәтижелері мен талқылау.

Жол жабынының жағдайына келесідей факторлар әсер етеді: топырақтың шөгуді, қоршаған ортаның температурасы, жүк көлігінің қарқынды қозғалысы. Жол жабынын

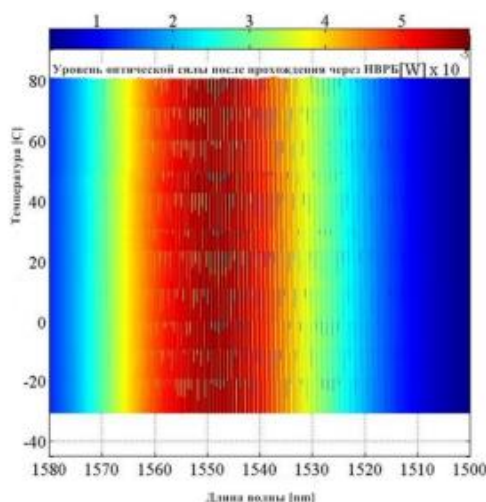
жобалау өте күрделі үрдіс, өйткені қабатты серпімділік теориясы жол жабынның нақты күйіне сәйкес келмейтін есептеу нәтижелерін ұсынады, бұл жол жабынның материалдарының кернеуі мен деформациясының біркелкі емес және сызықты емес қатынасын елемейді.

КТБТ негізделген талшықты датчиктер жол жабынның күйін бақылау үшін деформация мен температураны бір уақытта өлшеуге мүмкіндік береді. Осы типтегі датчиктермен температураны өлшеу кезінде сенімділік пен ұзақ мерзімді тұрақтылықты датчиктерді асфальт пен бетон үлгілерінің бетіне орнату арқылы тексеруге болады.

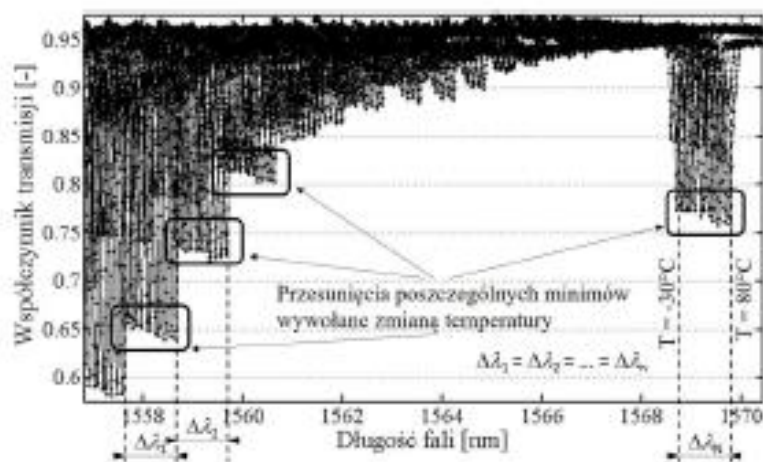
КТБТ спектрлік сипаттамаларының температураға тәуелділігін қарастырыңыз.

КТБТ сипаттамаларына температураның әсерін Люблин техникалық университетінің зертханасында жүргізілген зерттеулер нәтижесінде алынған. Температура: -30°C -тан 80°C -қа дейін өзгерді, шағылысу бұрышы - 6° тең.

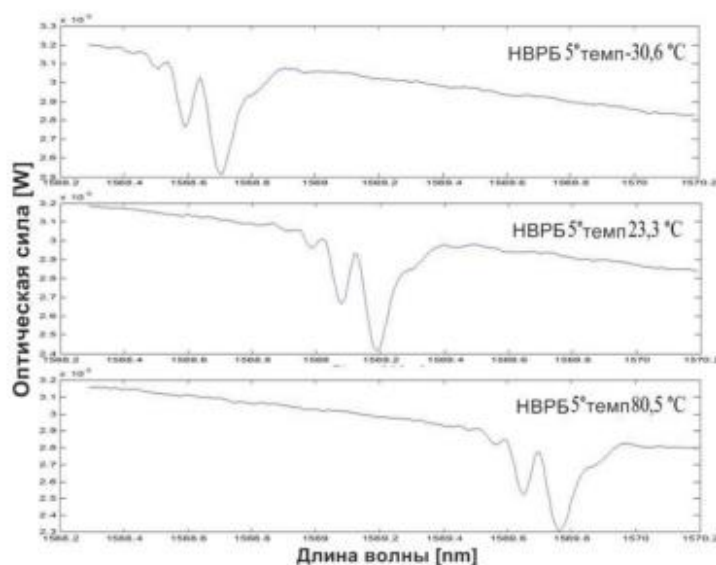
3-суретте температураның жоғарылауына байланысты спектрдің ұзын толқын ұзындығына қарай жылжуы көрсетілген. Бұл құбылыс қарапайым БТ сияқты, тор жазылған оптикалық талшықтың термиялық кеңеюінен және талшықтың термиялық кеңеюінің басым әсерімен фотоэластикалық тұрақтының өзгеруінен туындайды. Бұл аймақтар негізгі Брэгг резонансына және қабықша режимдерінің болуымен байланысты таңдалған шындарға сәйкес келетін толқын ұзындығына жақын орналасқан.



3 сурет – Температураға байланысты КТБТ өткізу спектрінің өзгеруі

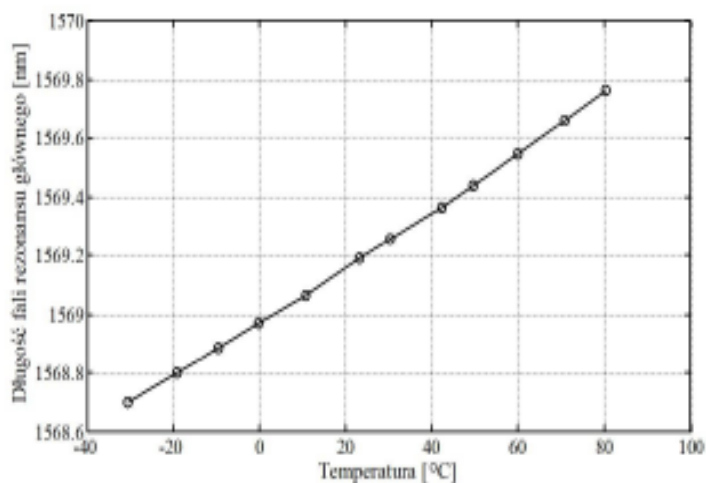


4 сурет – -30°C -тан $+80^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі температураның өзгеруінен туындаған КТБТ берілу сипаттамаларының таңдалған бөлігінің ауысуы



5 сурет – Температураның өзгеруіне байланысты КТБТ негізгі Брэгг резонансының ауысуы

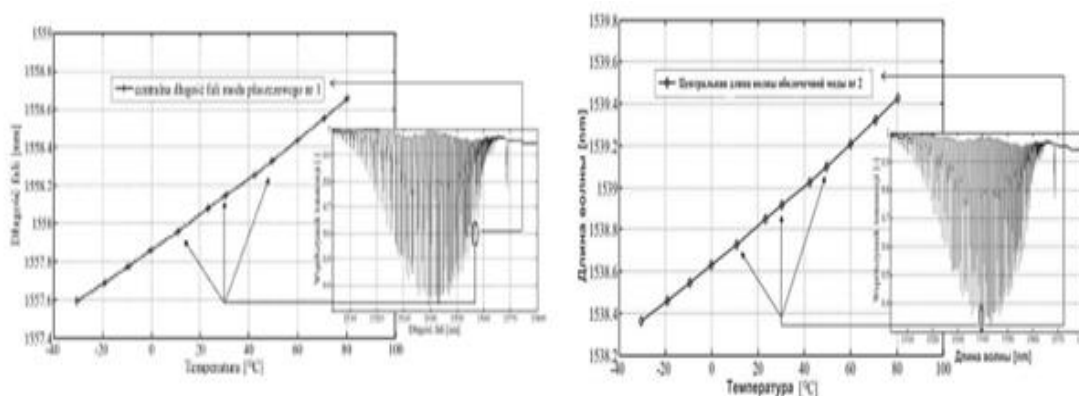
Брэгг резонансымен байланысты КТБТ берілу сипаттамаларындағы спектрлік бөліктің пішіні өзгермейді. Тек минималды беріліс болатын толқын ұзындығы өзгереді. Спектрлік сипаттамалар біржақты және толқын ұзындығын өзгерту үшін мұндай құрылымның температуралық түрлендіру сипаттамаларының пішіні 6-суретте көрсетілген.



6 сурет – Температураны өлшеу кезінде қолданылатын 6° КТБТ резонансының негізгі толқын ұзындығының өзгеруі (Брэгг резонансы)

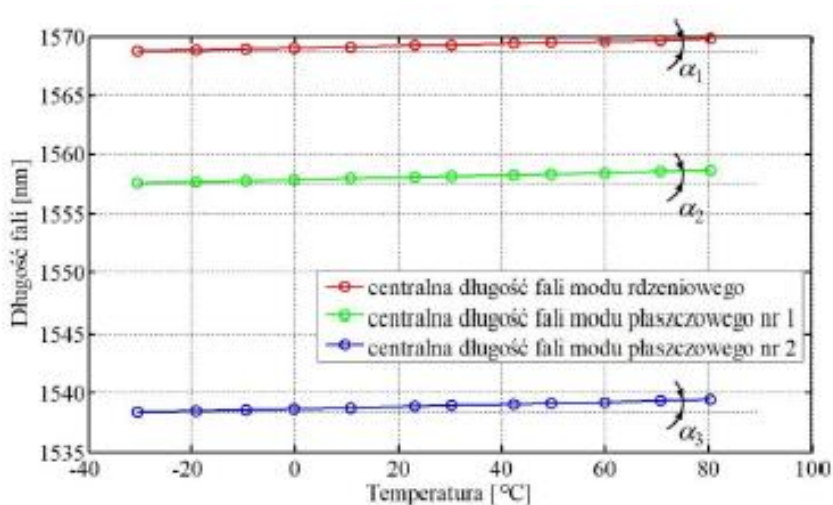
КТБТ ең үлкен толқын ұзындығына ие және спектрлік сипаттамалардағы сәйкес шың ең тар болып табылады. Резонанстың негізгі толқын ұзындығы стандартты Брэгг түзу торымен бірдей температуралық сезімталдықпен (~ 10 нм / $^{\circ}$ C), сондай-ақ ТБТ осьтік кернеуге бірдей сезімталдығымен сипатталады. Сыналатын диапазонда, яғни $-30,5^{\circ}$ C-тан $80,5^{\circ}$ C-қа дейінгі температуралар үшін КТБТ құрылымының негізгі режимінің температураға сезімталдық коэффициенті 10 мкм/ $^{\circ}$ C құрайды. Брэгг резонансының толқын ұзындығының температураға тәуелділігі сызықтық болып табылады және ТБТ құрылымының теориялық сезімталдығына сәйкес келеді.

7-суретте $-30,5^{\circ}\text{C}$ -тан $80,5^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі температура өзгерген кезде толқын ұзындығының өзгеру сипаттамалары, сондай-ақ қабықша режимдерінің спектрлік сипаттамаларының резонанстық талдауы сипатталған. Талшық №1 және №2 қабықшалары, сонымен қатар жоғары ретті қабықшалар режимдерінің нәтижелерінің ұқсастығын көреге болады.



7 сурет – №1 және №2 қабықша режимі үшін температурадан толқын ұзындығының өзгеруі (КТБТ 6°)

Салыстыру үшін 8-суретте температураның таңдалған үш резонанс үшін минимумның ығысу әсер ету сипаттамалары жинақталған.



8 сурет – Температураның толқын ұзындығына әсер ету сипаттамалары

Жұмыста КТБТ барлық резонанстарының температуралық сезімталдығы бірдей және, мысалы, қабықша режимінің тәртібіне тәуелді емес екенін көрсететін спектрлік сынақтардың нәтижелері келтірілген.

Алынған нәтижелерден КТБТ толқын ұзындығының температураға сызықтық тәуелділігі және бұл КТБТ негізделген талшықты датчиктердің спектрлік сипаттамалары қоршаған орта температурасының өзгеруінен өзгермейтіндігін білдіреді.

Қорытынды.

КТБТ негізіндегі датчиктер жол жабынын бақылауда қолданудың айтарлықтай маңызы зор.

КТБТ спектрлік қасиеттерін анықтайтын ең маңызды параметр – бұл талшықтың көлденең қимасының жазықтығына қатысты сыну көрсеткішінің жолақтарының көлбеу бұрышы. Бұл тордың модификациясы ішкі құрылым байланысқан жарықтың қабықша режимдері ретінде қабық өзегінің шекарасына ішінара берілуін тудырады, бұл оларды ортаның сыну көрсеткішіне сезімтал етеді.

Зерттеулер көрсеткендей, КТБТ толқын ұзындығының қоршаған орта температурасына сызықтық тәуелділігі. Демек, КТБТ толқын ұзындығының мәнін қоршаған орта температурасының өзгеруінің көрсеткіші ретінде пайдалануға болады. Толқын ұзындығының бұл сипаттамасы жол жабынын бақылау үшін өндірісте тәжірибелік қолдану тұрғысынан үлкен қызығушылық тудырады. Бұл үшін КТБТ басқа көлбеу бұрыштары үшін бірдей толқын ұзындығын өлшеуді қайталау керек деп санаймыз.

КТБТ тегістелген кең спектрлік сипаттамаларын жасау қабілеті талшықты датчиктерді қалыптастыруда қолдануға кең мүмкіндіктер ашады.

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

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Kisała, P., Wójcik W Kalizhanova A. Kashaganova G., Amirgaliyeva, S.N. Spectral properties of tilted bragg gratings with different tilt angles and variable surrounding conditions *Przeglad Elektrotechniczny* Warsaw, Poland, 2019.– 185-188p. ISSN: 0033-2097
- [2] Кашаганова Г.Б., Козбакова А.Х., Тоғжанова К.О. Жол жабынын бақылау үшін талшықты брэгг торлары негізінде талшықты датчиктерді зерттеу *ҚазККА Хабаршысы* № 3 (122), 2022, 263-270б
- [3] Chapeleau, X.; Blanc, J.; Hornych, P.; Gautier, J.-L.; Carroget, J. Assessment of cracks detection in pavement by a distributed fiber optic sensing technology. *J. Civ. Struct. Health Monit.* 2017, 7, 459–470.
- [4] Byron K.C., Sugden K., Bricheno T., Bennion I. Fabrication of chirped bragg gratings in photosensitive fibre. *Electronics Letters*, 1993, vol. 29, no. 18, pp. 1659–1660. doi: 10.1049/el:19931104
- [5] Meltz G., Morey W.W., Glenn W.H. In-fibre Bragg grating tap. *Optical Fiber Communication Conference*. San Francisco, 1990. doi: 10.1364/ofc.1990.tug1
- [6] Othonos A., Lee X., Measures R.M. Superimposed multiple B.A. Новикова, С.В. Варжель, А.А. Дмитриев, Ю.К. Залеская, Р.Ф. Идрисов *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, 2018, том 18, № 5 757 Bragg gratings // *Electronics Letters*. 1994. V. 30. N 23. P. 1972–1974. doi: 10.1049/el:19941359
- [7] Arigiris A., Konstantaki M., Ikiades A., Chronis D., Florias P., Kallimani K., Pagiatakis G. Fabrication of high-reflectivity superimposed multiple-fiber Bragg gratings with unequal wavelength spacing // *Optics Letters*. 2002. V. 27. N 15. P. 1306–1308.
- [8] Littler I.C.M., Rochette M., Eggleton B.J. Adjustable bandwidth dispersionless bandpass FBG optical filter // *Optics Express*. 2005. V. 13. N 9. P. 3397–3407. doi: 10.1364/opeX.13.003397
- [9] Wang H. A Phase-Shifted Fiber Bragg Grating Based Humidity Sensor. PhD Thesis. Canada, Ontario, 2013. 55 p.

Gulzhan Kashaganova, PhD, Turan University, *Satbayev University*, Almaty, Kazakhstan, gulzhan_k70@mail.ru

RESEARCH OF THE MAIN PARAMETERS OF FIBER SENSORS BASED ON INCLINED FIBER BRAGG GRATINGS AND THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON THEM

Annotation. This article describes the use of fiber sensors based on tilted fiber Bragg gratings (TFBG) for road surface monitoring. Fiber sensor (FS) based on tilted fiber Bragg gratings can provide the possibility of simultaneous measurement of deformation and temperature for monitoring pavement structures.

The TFBG is a universal device for selective excitation of certain shell modes, whereby it is possible to register changes in the state of the environment by monitoring the spectral response of the lattice, which can be implemented in optical sensors.

TFBG retain all the advantages of sensors based on traditional grids, such as the ability of remote sensing, and are used to create multiparameter sensors of extremely small weight and size, which allows embedding or attaching sensors to the structures under study. The temperature and strain measurements of the TFBG are based on the shift of the wavelength of the main mode. The temperature sensitivity is approximately 10 microns/oS. The spectral characteristics of TFBG and the influence of external factors on them are considered.

Keywords. Fiber sensors, tilted fiber Bragg gratings, temperature, deformation, road surface, parameters.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ НАКЛОННЫХ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК БРЭГГА И ВЛИЯНИЕ НА НИХ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. В данной статье описывается применение волоконных датчиков на основе наклонных волоконных решеток Брэгга (НВРБ) для мониторинга дорожного покрытия. Волоконные датчик (ВД) на основе наклонных волоконных решеток Брэгга могут обеспечить возможность одновременного измерения деформации и температуры для мониторинга конструкций дорожного покрытия.

НВРБ представляет собой универсальное устройство для выборочного возбуждения определенных мод оболочки, посредством чего имеется возможность регистрировать изменение состояния окружающей среды, контролируя спектральный отклик решетки, что может быть реализовано в оптических датчиках.

НВРБ сохраняют все преимущества датчиков на основе традиционных решеток, таких как способность дистанционного зондирования, и используются для создания многопараметрических датчиков чрезвычайно малого веса и размера, что позволяет встраивать или прикреплять датчики к исследуемым конструкциям. Измерения температуры и деформации НВРБ основаны на сдвиге длины волны основного режима. Температурная чувствительность составляет приблизительно 10 мкм/°С. Рассмотрены спектральные характеристики НВРБ и влияние на их внешние факторы.

Ключевые слова. Волоконные датчики, наклонные волоконные решетки Брэгга, температура, деформация, дорожное покрытие, параметры.
