

8D06201 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертациялық жұмысына

АҢДАТПА

КАДИРБАЕВА ГУЛИМ КУМАРБЕКҚЫЗЫ

Тақырыбы: **«Механикалық кернеулерді анықтауға арналған оптикалық талшықты датчикті қолданылуын зерттеу»**

Жұмыстың өзектілігі. Механикалық кернеулерді дәл өлшеу инженерия мен өнеркәсіп салаларында материалдардың сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі мәселелерінің бірі болып табылады. Бұл әсіресе ғарыш, авиация, құрылыс және көлік сияқты жауапты салаларда ерекше маңызға ие. Кернеулерді бақылаудың дәстүрлі әдістері белгілі бір шектеулерге ие болғандықтан, қазіргі заманғы технологиялық жетістіктерді қолдану қажеттілігі туындап отыр.

Осындай жетістіктердің бірі — оптоалшықты датчиктерді пайдалану. Бұл технология электрлік және механикалық өлшеу құралдарына қарағанда әлдеқайда жоғары сезімталдық пен дәлдік көрсетеді. Сонымен қатар, оптоалшықты датчиктер электромагниттік кедергілерге төзімділігімен, жеңілдігімен және ұзақ қызмет ету мерзімімен ерекшеленеді. Мұндай қасиеттер олардың күрделі инженерлік жүйелер мен экстремалды жағдайларда қолданылу мүмкіндігін арттырады.

Қазақстанда оптоалшықты технологияларды дамыту тек ғылыми қызығушылық тудырып қана қоймай, сонымен бірге өндірістік қажеттіліктерді қанағаттандырудың стратегиялық бағыты болып табылады. Аймақтық климаттық ерекшеліктерді ескере отырып, бұл датчиктердің тиімділігін зерттеу отандық өнеркәсіп пен инфрақұрылымның тұрақтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Осылайша, оптоалшықты датчиктердің механикалық кернеулерді өлшеудегі мүмкіндіктерін зерттеу ғылыми-техникалық прогресті ілгерілету және елдің экономикалық әлеуетін арттыру үшін маңызды қадам болып табылады.

Жұмыстың мақсаты автомагистральды көпір нысандарындағы жүктеменің көптігіне байланысты туындайтын механикалық деформация параметрлерін өлшеу үшін оптикалық датчик моделін құруды зерттеу.

Жұмыстың міндеттері:

Диссертацияда қойылған мақсатқа сәйкес мынадай міндеттер тұжырымдалған:

1. Талшықты оптика және Брэгг торының теориялық негіздерінің әдістерін зерттеу.

2. Талшықты оптикалық Брэгг датчиктері негізінде механикалық кернеулерді өлшеу жүйелерін құру қағидаттарын және техникалық жолдарын талдау.

3. Талшықты оптикалық датчиктерді қолдана отырып, механикалық кернеулердің әсерін зерттеу.

4. Талшықты оптикалық Брэгг торын датчиктерін қолдана отырып автомагистральді көпір құрылыстарына түскен механикалық кернеудің математикалық моделін құру.

Зерттеу нысаны. Талшықты Брэгг торы

Зерттеу әдістері. Қойылған мәселелерді шешу үшін математикалық, компьютерлік және эксперименталды модельдеу әдістері қолданылған.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы:

1. Ең алғаш механикалық кернеулерді өлшеуге арналған талшықты-оптикалық датчик моделіне негізделген талшықты Брэгг торының 1562-1566 нм толқын ұзындығы диапазонында спектрлік сипаттамасы алғаш рет эксперименталды түрде зерттелді.

2. Қатты материалдарға түскен жүктеме әсерін есептеу үшін Гук заңымен сипатталған деформация параметрлерін Юнг модулі арқылы арнайы математикалық өрнек арқылы бейімдеу ұсынылды.

3. Механикалық әсер ету кезінде деформация параметрлерін өлшеу үшін талшықты Брэгг сенсорының әмбебап моделі жасалды және салыстырылды.

Қорғауға шығарылған негізгі ережелер:

– Автомагистральды көпір құрылыстарындағы механикалық кернеулерді анықтау үшін талшықты Брэгг торларының (1662-1666 нм толқын ұзындығы) қолданылуы қарастырылды.

– Брэгг торларына негізделген оптикалық датчиктердің көмегімен деформация параметрлерін нақты уақыт режимінде жоғары дәлдікпен анықтау әдістемесі жасалды.

– ТБТ негізіндегі датчиктердің жұмысы Autodesk және Matlab Simulink бағдарламаларында модельденді. Бұл модельдер нақты инженерлік есептерді шешуге бағытталған.

– ТБТ технологиясын көпір құрылыстарынан басқа инфрақұрылымның басқа нысандарына бейімдеу және жетілдіру бойынша қосымша зерттеулер жүргізудің маңыздылығы көрсетілді.

Ғылыми нәтижелерді алуда автордың жеке үлесі. Диссертацияда көрсетілген барлық түпнұсқа нәтижелерді автор зертханалық тәжірибелерге қатысуымен алынды.

Жұмыстың апробациясы. Диссертацияның зерттеу әдістері мен нәтижелері төменде көрсетілген ғылыми конференцияларда баяндалды:

1. «Талшықты Брэгг торлары және оларды жазу әдістері», Кадирбаева Г.К., Чежимбаева К.С., студенттер мен жас ғалымдардың "ФАРАБИ ӘЛЕМІ" Халықаралық ғылыми конференциясы Алматы, Қазақстан, 6-8 сәуір 2021 жыл.

2. «Талшықты Брэгг торларының пайда болу механизмдерін зерттеу», Кадирбаева Г.К., Чежимбаева К.С., VIII Халықаралық ғылыми-практикалық

конференция «Қазіргі әлемдегі ғылым және білім: ХХІ ғасырдың сын-көзқарарлары» техникалық ғылымдар. Астана, Қазақстан, 16-22 сәуір 2021 жыл.

3. «Сигналды Брэгг талшықтары негізінде жасалған фазалық интерферометриялық сенсордан бөліп алудың математикалық әдісін зерттеу», Кадирбаева Г.К., Чежимбаева К.С., Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Ғылым, Білім және өндіріс интеграциясы - Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» халықаралық ғылыми - практикалық online конференциясы (№13 Сағынов оқулары). Қарағанды, Қазақстан, 16-22 сәуір 2021 жыл.

4. «Талшықты Брэгг торларының пайда болу қағидалары және оны жазудың арнайы әдістері», Кадирбаева Г.К., Чежимбаева К.С., Халықаралық ғылыми-техникалық конференция, Алматы, Қазан, 20-21 қазан 2022 ж.

Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы. Диссертациялық жұмыстың ғылыми нәтижелері Люблин технологиялық университетінің (Люблин қ, Польша) «Оптоэлектроника» зертханасында, Брэгг торларының жазылу әдістері, спектрлік сипаттамалары, арнайы созылу және иілу кезіндегі деформацияны өлшеу датчиктерінің сипаттамаларының әсерін зерттеу үшін «Телеинформатика и электроника» кафедрасында оқу материалдары ретінде енгізілді.

Мақалалар. Орындалған зерттеулер мен әзірлемелердің негізгі нәтижелері бойынша бірнеше ғылыми жұмыстар дайындалды және жарияланды, оның ішінде 2 жұмыс Scopus халықаралық базасына кіретін басылымдарда жарияланды, 4 жұмыс ҚР БҒМ Ғылым және жоғарғы білім саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда жарияланды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, негізгі мазмұнның төрт тарауынан, қорытынды мен қосымшалардан, 4 атаудағы тізімнен тұрады және 125 беттен, 55 сурет пен 18 кестеден тұрады.

Кіріспе бөлімінде диссертациялық жұмыстың жалпы сипаттамалары: жұмыстың өзектілігі, мақсаты, зерттеу мәселелері, зерттеу нысаны, ғылыми жағалығы, тәжірибелік маңыздылығы, зерттеу әдістері, жұмыстың апробациясы мен мақалалар туралы мәліметтер келтірілген. Диссертациялық жұмыстың қысқаша мазмұны мен құрылымы сипатталған.

Бірінші тарауда жалпы оптикалық талшық туралы ақпараттық шолулар берілген. Оптикалық талшық түрлері мен жіктелуі кеңінен қарастырылды, сонымен қатар артықшылықтары мен кемшіліктері талданды. Оптикалық талшықтың негізгі жұмыс қағидалары көрсетіліп, оптикалық талшықтарды анықтайтын негізгі стандарттар анықталды. Тарауда әртүрлі құрылғыларда оптикалық талшықтың көптеген салалардағы маңызды іс-әрекеттері қарастырылды. Сонымен бірге талшықты оптикалық Брэгг торларының негізгі теориялық мәліметтері көрсетілді. Талшықты Брэгг торларының типтері мен торды жазудың арнайы әдістері туралы, сонымен қатар Брэгг торларының деформациясы және температуралық сезімталдығы туралы мәліметтер көрсетілді.

Екінші тарауда деформация өлшеудің қолданыстағы әдістеріне шолу және жіктеу жүргізіледі және салыстырмалы талдау жасалады пьезоэлектрлік эффект пен талшықты-оптикалық сенсорларға негізделген дәстүрлі сенсорлар қарастырылды. Шағылысқан сәулеленудің толқын ұзындығының деформацияға және температураға тәуелділігін анықтайтын Брэгг датчиктерінің берілу сипаттамасына зерттеу жүргізілген. Брэгг толқындық функциялары әдісі негізінде шағылысқан сәулелену спектрінің механикалық деформацияға немесе температураға тәуелділігі зерттеледі. Брэгг торларын жасау әдістері қарастырылуда. Брэгг деформациясы мен температура датчиктерінен ақпарат алу әдістеріне салыстырмалы талдау жасалды.

Үшінші тарауда талшықты Брэгг торын қолдана отырып механикалық кернеудің әсері қарастырылды. Бірінші қатты материалдар құрылымының күйі қарастырылды, оның ішінде бетон арқалықтардың сипаттамалары көрсетілді. Сонымен қатар арнайы шектеулерді еңсеру үшін нақты уақыт режимінде салыстырмалы түрде жоғары дәлдіктегі, ұзақ мерзімді және үздіксіз анықтауды қамтамасыз ете алатын және бір уақытта туындаған өзгерістерді тудырмайтын құрылымдардың күйін бақылау технологиясы (ҚКБТ) әдісі құрылды. Материалдар күйінің деформацияға тәуелділігін есептеу жүргізілді. Сонымен қатар есептеу нәтижелеріне сәйкес арнайы графиктер тұрғызылып есептелді.

Төртінші тарауда Талшықты Брэгг торлы датчиктер екі нүктелі және орталық нүкте бойынша түсірілген механикалық кернеудің тәжірибелік әдісіне сүйене отырып, механикалық әсер ету кезінде деформация параметрлерін өлшей алатын әмбебап датчик моделі ұсынылды. Бұл графикті математикалық модельдер Authodesk және Matlab Simulink бағдарламаларында құрастырылды. Қатты материалға арналған Юнг Модулінің формуласы және бетон арқалыққа арналған Юнг Модулінің өлшемі зерттелді.

Қорытынды бөлімде диссертациялық жұмыс бойынша алынған нәтижелер мен қорытындылар көрсетілді.