

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

Сериков Нуртас Сандибекұлы

«Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерінде
талшықты оптиканы қолдану»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 – Телекоммуникация

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ЭТ ж ҒТ кафедра меңгерушісі

Т.Ғ.К

Е.Таштай

« 28 » 05 2025 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау
жүйелерінде талшықты оптиканы қолдану»

6B06201 – Телекоммуникация

Орындаған:

Н.С.Сериков

Пікір беруші
PhD, зерттеуші профессор
Халықаралық ақпараттық
технологиялар университеті

Ғылыми жетекші
PhD докторы,
профессор

 Б. С. Омаров

« 28 » 05 2025 ж.

Н.К.Смайлов

« 28 » 05 2025 ж.

Алматы 2025

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

6B06201 – Телекоммуникация



Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Сериков Нұртас Сандибекұлы

Тақырыбы: «Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерінде талшықты оптиканы қолдану».

Университет ректорының «29» қаңтар 2025 ж. №26-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» мамыр 2025 ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: 1. ГОСТ Р ISO 11551-2015 Оптика және оптикалық құрылғылар. Лазерлер және лазерлік қондырғылар (жүйелер). Оптикалық элементтермен лазерлік сәулеленудің жұтылу коэффициентін өлшеу әдістемесі. 2. Оптикалық аспаптарға арналған телескопиялық жүйелер. Ажыратымдылық шегін анықтаудың көрнекі әдісі ГОСТ 15114-78. 3. ГОСТ Р ISO 13694-2010 мәтіні Оптика және оптикалық құрылғылар. Лазерлер және лазерлік қондырғылар (жүйелер). Лазер сәулесінің қуаттылық (энергия) тығыздығының таралуын өлшеу әдістері.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: а) Талшықты-оптикалық сенсорларды бетон, металл, сияқты әртүрлі құрылыс материалдарына енгізу әдістерін анықтау. б) Құрылыс материалдарының механикалық қасиеттерін бақылау үшін қолданылатын басқа сенсорлармен салыстыру. в) Талшықты-оптикалық сенсорлардың көмегімен алынған деректерді талдау және құрылыс материалдарының сипаттамаларын бағалау. г) Сенсорларды қолдану арқылы құрылыс материалдарының сапасын арттырудың ұзақ мерзімді әсерлерін зерделеу.

Сызбалық материалдар 16 слайдпен ppt форматында көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. Bado, M.F.; Casas, J.R. A Review of Recent Distributed Optical Fiber Sensors Applications for Civil Engineering Structural Health Monitoring. .Sensors. 05.03.2021. <https://doi.org/10.3390/s21051818>
2. Wu, T.; Liu, G.; Fu, S.; Xing, F. Recent Progress of Fiber-Optic Sensors for the Structural Health Monitoring of Civil Infrastructure. 12.08.2020. <https://doi.org/10.3390/s20164517>
3. Alhussein, A.N.D.; Qaid, M.R.T.M.; Agliullin, T.; Valeev, B.; Morozov, O.; Sakhabutdinov, A. Fiber Bragg Grating Sensors: Design, Applications, and Comparison with Other Sensing Technologies. 04.04.2025. <https://doi.org/10.3390/s25072289>
4. Souza, E.; Pinheiro, P.; Coutinho, F.; Dias, J.; Pilar, R.; Pontes, M.J.; Leal-Junior, A. Smart Concrete Using Optical Sensors Based on Bragg Gratings Embedded in a Cementitious Mixture: Cure Monitoring and Beam Test. Sensors. 14.12.2024. <https://doi.org/10.3390/s24247998>

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Талшықты-оптикалық датчиктердің артықшылықтарын және олардың көпірлер мен көпқабатты үйлердің қауіпсіздігін қамтамасыз етудегі рөлін талдау.	07.02.2025	
Құрылымдық бақылау үшін қолданылатын талшықты-оптикалық датчиктердің сезімталдық, дәлдік және ұзақмерзімділік сипаттамаларын талдау.	24.03.2025	
Көпірлер мен көпқабатты ғимараттардың құрылымдық элементтеріне талшықты-оптикалық датчиктерді орнату әдістерін модельдеу	20.04.2025	
Талшықты-оптикалық бақылау жүйелерінің ұзақ мерзімді экономикалық және қауіпсіздік тұрғысынан артықшылықтарын бағалау.	26.04.2025	

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Смайлов Н.К., PhD докторы, профессор	28.05.25	
Теориялық ақпарат	Смайлов Н.К., PhD докторы, профессор	28.05.25	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М., ЭТжҒТ каф.аға оқытушысы, PhD	28.05.25	

Ғылыми жетекшісі



Смайлов Н.К.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Сериков Н.С.

Күні «21» мамыр 2025 ж.

АНДАТПА

Инженерлік құрылыстардың қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін техникалық жағдайын бақылау жүйелерін енгізу қажет. Талшықты-оптикалық сенсорлар деформацияны, температураны және дірілді нақты уақыт режимінде дәл өлшейді. Бұл технологияны құрылымдарға енгізу сенімділікті арттырып, техникалық шығындарды азайтуға және апаттардың алдын алуға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері бұл жүйенің тиімділігі мен болашақ инфрақұрылымдық жобалардағы әлеуетін көрсетеді.

АННОТАЦИЯ

Обеспечение безопасности и долговечности инженерных сооружений требует внедрения систем мониторинга технического состояния. Волоконно-оптические датчики обеспечивают точное измерение деформации, температуры и вибрации в реальном времени. Их интеграция в строительные конструкции позволяет повысить надёжность, снизить эксплуатационные затраты и предупредить аварии. Исследование подтверждает эффективность технологии и её потенциал в будущих инфраструктурных проектах.

ABSTRACT

Ensuring the safety and durability of engineering structures requires the implementation of structural health monitoring systems. Fiber optic sensors accurately measure strain, temperature, and vibration in real time. Integrating this technology into structures increases reliability, reduces maintenance costs, and helps prevent failures. The study confirms the effectiveness of the technology and its potential in future infrastructure projects.

The results demonstrate the high effectiveness of fiber optic sensing in civil engineering and highlight its strong potential for widespread adoption in future intelligent infrastructure projects.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерін қолдану мәселесінің ғылыми-теориялық негіздері	10
1.1 Көпқабатты, көппәтерлі тұрғын үйлердің негізгі құрылымдық элементтерінің техникалық жағдайын зерттеуге арналған әдістемелік ұсыныстар	10
1.2 Көпқабатты үйлердің қалыптасуы мен классификациясы	16
1.3 Көпір құрылымдарын үздіксіз бақылау жүйесі	22
2 Талшықты оптиканы көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерінде қолдану әдістері	31
2.1 Талшықты-оптикалық сенсорлар ғимараттар мен көпірлердің денсаулығын бақылауға қалай көмектеседі	31
2.2 Көп қабатты құрылымдарына арналған талшықты-оптикалық бақылау жүйесі	33
3 Талшықты-оптикалық бақылау жүйелерінің ұзақ мерзімді экономикалық және қауіпсіздік тұрғысынан артықшылықтарын баға беру	38
3.1 Талшықты -оптикалық датчиктердің түрлері, және олардын қолдану принциптері	38
3.2 Multimode, single-mode талшығы	45
3.3 Сызба арқылы көрсетіліп және бағасы есептелген FBG сенсор	46
Қорытынды	47
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	50

КІРІСПЕ

Талшықты-оптикалық технология коммуникациялар мен инфрақұрылымның денсаулығын бақылауда айтарлықтай ілгерілеушілікті білдіреді. Негізінен талшықты оптика шыны немесе пластикалық оптикалық талшық бойымен жарық импульсі түрінде деректерді беруді қамтиды. Ол әдетте адамның шашынан қалың емес. Оптикалық талшықтарды басқарудың негізгі принциптері алғаш рет 20 ғасырдың ортасында түсініліп, барған сайын күрделі жүйелердің дамуына әкелді [1].

1970-жылдары Corning Glass Works компаниясының зерттеушілері аз шығынды оптикалық талшықты жасап шығарған соң, бұл технология деректерді беру саласында үлкен өзгеріс әкелді. Олардың жаңалығы деректерді жеткізу шығындарын айтарлықтай азайтып, талшықты байланыс желілерін телекоммуникациялар үшін мінсіз шешімге айналдырды. Талшықты-оптикалық технологияның дамуы жаңа инновациялар мен қолдану салаларының кеңеюімен ерекшеленеді. Бүгінде бұл технология медициналық бейнелеу мен құрылымдық денсаулықты бақылауда да қолданылады. Ол деректердің үлкен көлемін жоғары жылдамдықпен жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл қазіргі ақпаратқа негізделген әлемде ерекше маңызды.

Екіншіден, оптикалық талшық сенімдірек және ұзақ қашықтықта сигналдың әлсіреуі аз болады. Оптикалық сигналдар электромагниттік шу мен ауа райы жағдайларына азырақ сезімтал. Бұл қарым-қатынасты тұрақты және сенімді етеді. Оптикалық беріліс сипаттамалары сигналды анықтаусыз ұстап алу қиын екенін анықтайды. Сондықтан бұл деректерді берудің неғұрлым қауіпсіз түрі [2].

Жалпы алғанда, талшықты-оптикалық технология қазіргі өмірдің көптеген аспектілерін өзгертті. Үздіксіз даму 21 ғасырда негізгі технологиялардың рөлін күшейтуге жаңа мүмкіндіктер әкеледі.

Талшықты-оптикалық технология көпірлер мен көпқабатты үйлер үшін заманауи басқару және бақылау жүйелерінде басты рөл атқарады. Бұл технологиялар жоғары дәлдік пен сенімділікті бірден қамтамасыз етеді. Инженерлік құрылымдардың қауіпсіздігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етудің маңызы зор.

Талшықты-оптикалық жүйелердің артықшылықтары:

Жоғары сезімталдық және дәлдік: Талшықты-оптикалық сенсорлар деформациядағы, температурадағы және басқа параметрлердегі ең аз өзгерістерді анықтай алады. Құрылымдардағы ықтимал ақауларды жылдам анықтауға көмектеседі.

Сыртқы әсерлерге төзімді және талшықты оптика электромагниттік кедергілерге, коррозияға және ылғалға әсер етпейді, бұл оларды ауыр жұмыс жағдайында пайдалану үшін өте қолайлы етеді.

Қашықтан бақылау мүмкіндігі бұл жүйелерге нысандардың техникалық күйін қашықтан бақылауға жол ашады және пайдаланушылардың жағдайдан дер кезінде хабардар болып, жедел шешім қабылдауына мүмкіндік береді.

Көпірлер мен көпқабатты ғимараттарда қолданған кезде деформация мен кернеуді бақылау: құрылымдық жағдайды үздіксіз бақылау үшін құрылымға талшықты-оптикалық сенсорлар біріктірілген. Бұл қалыпты мәндерден ауытқуларды анықтауға және төтенше жағдайларды уақытында болдырмауға көмектеседі.

Күрделі топырақ жағдайындағы жағдайды бағалау кезінде ұл жүйе сейсмикалық белсенділігі жоғары немесе тұрақсыз топырақты аймақтарда орналасқан құрылымдарды тексеру үшін қолданылады. Бұл қауіпсіздіктің қосымша деңгейін қамтамасыз етеді.

Пайдалану мерзімінің аяқталуын тексеру: пайдалану мерзімінің соңына жеткен активтер үшін. Мұндай жүйе ағымдағы жағдайды бағалауға және жөндеу немесе қайта құру қажеттігін шешуге көмектеседі.

Көпір мен көпқабатты құрылыс құрылымдарын басқаруда талшықты-оптикалық бақылау жүйелерін енгізу сенімділік пен қауіпсіздікті айтарлықтай арттырады.

Мақсаты:

- Құрылыс нысандарының (көпірлер мен көпқабатты үйлердің) беріктігі мен қауіпсіздігін арттыру мақсатында құрылымдық бақылау жүйелерінде талшықты-оптикалық сенсорларды қолданудың теориялық негіздерін, әдістерін және артықшылықтарын зерттеу.

Міндеттері:

- Құрылымдық бақылау жүйелерінің негізгі ұстанымдарын талдау;
- Талшықты-оптикалық сенсорлардың жұмыс істеу принциптерін қарастыру;
- Көпірлер мен көпқабатты үйлердегі құрылымдық бақылау жүйелерінде қолдану тәжірибесін зерттеу;
- Талшықты-оптикалық жүйелердің дәстүрлі бақылау жүйелерімен салыстырғандағы артықшылықтарын анықтау.

Зерттеу әдістері:

- Теориялық талдау (ғылыми әдебиеттер мен техникалық құжаттарды сараптау);
- Салыстырмалы талдау (дәстүрлі және талшықты-оптикалық жүйелерді салыстыру).

Практикалық маңызы:

- Қала инфрақұрылымын (көпірлер, ғимараттар) апаттық жағдайлардан алдын ала қорғауға мүмкіндік береді;
- Құрылыс пен пайдалану кезіндегі техникалық қауіпсіздікті жоғарылатады;
- Күрделі құрылымдарды қашықтан үздіксіз бақылауға мүмкіндік береді;
- Техникалық қызмет көрсету мен жөндеу шығындарын азайтады [3].

1 Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерін қолдану мәселесінің ғылыми-теориялық негіздері

1.1 Көпқабатты, көппәтерлі тұрғын үйлердің негізгі құрылымдық элементтерінің техникалық жағдайын зерттеуге арналған әдістемелік ұсыныстар

Құрылыс индустриясына талшықты-оптикалық технологияны енгізу коммуникацияларды және құрылымдық денсаулық мониторингін жақсарту жолындағы маңызды қадам болып табылады. Және ол электромагниттік кедергілерге сезімтал.

Құрылыста талшықты-оптикалық технологияны қолданудың маңыздыларының бірі оның жоғары жылдамдықты интернет инфрақұрылымын құрудағы рөлі болып табылады. Сенімді әрі жылдам интернетке деген сұраныс артуда, әсіресе ақылды қалаларда. Мұндай сұранысты қанағаттандыру үшін талшықты-оптикалық кабельдер өте жоғары өткізу қабілетін қамтамасыз ете алады. Бұл тек тұрғын үй құрылысы үшін ғана емес, сонымен қатар бүкіл инфрақұрылым үшін маңызды, бірақ оған желі жылдамдығы мен сенімділігі маңызды болып табылатын коммерциялық ғимараттар мен өнеркәсіптік кластерлер де кіреді [4].

Ақылды құрылыс жүйелері тұрғысынан оптикалық талшық әртүрлі технологияларды біріктіруді жүзеге асыра алады. Жоғары деректер жылдамдығы мен төмен кідіріспен талшықты оптика HVAC жүйелері мен жарықтандыруды басқару жүйелері сияқты құрылғылар мен жүйелерді қосу үшін өте қолайлы. Қауіпсіздік жүйелері мен энергияны басқару жүйелерінің бұл байланысы өнімділікті арттырып қана қоймайды, сонымен қатар энергияны басқаруды жақсартуға ықпал етеді. Бұл, сайып келгенде, тұрақты құрылыс әдістеріне әкеледі.

Сонымен қатар, оптикалық талшық құрылыс алаңдарында байланыс желілерін жақсартуға көмектеседі. Құрылыс жобалары көбінесе үлкен командалардың әртүрлі тапсырмаларды бір уақытта орындауын талап етеді. Сенімді байланыс арналары өте маңызды. Талшықты-оптикалық желі барлық топ мүшелеріне тиімді қарым-қатынас жасауға, жоспарлармен бөлісуге және орындалу барысын дереу хабарлауға мүмкіндік береді. Жақсырақ үйлестіруді жеңілдетеді, кідірістерді азайтады және ықтимал тәуекелдерді азайтады.

Талшықты-оптикалық технологияның құрылыс саласына енуі ойынды түбегейлі өзгертетін маңызды қадам болып табылады, себебі бұл технология жоғары жылдамдықты интернетті қамтамасыз етуден бастап, смарт құрылыс жүйелерін енгізуге және құрылыс алаңындағы коммуникацияларды жақсартуға дейінгі мүмкіндіктерді ұсынады. Талшықты оптика құрылыс жобаларын орындау мен басқару тәсілін түбегейлі өзгерттеді [5].

Талшықты-оптикалық технология құрылыс индустриясындағы коммуникациялық революцияда маңызды рөл атқарады. Орнату процесі талшықты-оптикалық кабель үшін ең тиімді жолды анықтау үшін сайтты мұқият

бағалаудан басталады. Келесі қадам кабельдік құбырларды орналастыру үшін жоспарланған бағыт бойынша траншеяны қазу болып табылады. Осы кезеңде мұқият жоспарлау болашақ техникалық қызмет көрсету мәселелерін азайтады және ұзақ мерзімді тұрақтылықты қамтамасыз етеді.

Бұл ықтимал сыбайлас жемқорлықты болдырмау және деректерді тиімді тасымалдауды қамтамасыз ету үшін нақтылық пен белгілі бір техникалық стандарттарды сақтауды талап етеді. Сигналдың нашарлауын болдырмау үшін кабельді басқаруды түсіну маңызды. Бұл ұзақ қашықтықта сигнал сапасының төмендеуіне әкелетін жалпы мәселе. Сондай-ақ, осы кезеңде элементтерден және қоршаған ортаның күйзелісінен қорғау сияқты тиісті сақтық шараларын қолдану маңызды [6]. Бұл құрылыс алаңында деректер мен коммуникацияларды тиімді басқару үшін талшықты-оптикалық кабельдерді трансиверлерге, маршрутизаторларға және коммутаторларға қосу талап етіледі. Бұл құрылғылар жоғары жылдамдықты деректерді жіберу мен қабылдауды қамтамасыз етіп, ішкі және сыртқы желілер арасында сенімді байланыс орнатады. Оптикалық желілік терминалдар (ONT) және басқа интерфейстік жабдықтар бар желілік инфрақұрылыммен толық үйлесімді болу үшін дұрыс конфигурациялануы тиіс. Желінің тұрақты және үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін VLAN, QoS және IP-адресация сияқты желілік параметрлер дәл бапталуы қажет. Сонымен қатар, шифрлау протоколдарын пайдалану (мысалы, WPA3 немесе SSL/TLS) және бағдарламалық жасақтаманы жүйелі түрде жаңарту киберқауіпсіздікті арттыруға мүмкіндік береді. Бұл шаралар құрылыс процесі кезінде де, одан кейін де барлық цифрлық жүйелер мен құрылғылардың қорғалуын қамтамасыз етеді.

Ғимараттарда талшықты-оптикалық коммуникацияларды енгізу қиындықтары негізінен қоршаған орта жағдайлары мен физикалық кедергілерге байланысты. Құрылыс алаңдары динамикалық орта болып табылады. Бұл талшықты-оптикалық инфрақұрылымға қауіп төндіруі мүмкін, өйткені ауыр жабдықты пайдалану жалғасуда. Бұл тәуекелдерді азайту үшін сенімді орнату әдістерін және қорғаныс қораптарын пайдалану талшықты-оптикалық байланыс желілерінің сенімділігін айтарлықтай жақсартып алады.

Оңтайлы өнімділікке қол жеткізу үшін ең жақсы тәжірибелерге желіні тұрақты бақылау, талшықты-оптикалық кабельдерді жоспарлы тексеру және туындаған мәселелерді уақтылы шешу жатады. Кабельді орнатуда құрылымдық тәсілді қолдану, салалық стандарттарды қатаң сақтау және қызметкерлерді жан-жақты оқыту, құрылыс жағдайында талшықты-оптикалық технологияны сәтті енгізудің негізгі шарттары болып табылады.

Талшықты-оптикалық сенсорлар құрылыс индустриясында құрылымдық денсаулық мониторингінің (SHM) негізгі технологиясына айналып, елеулі жетістіктер әкелуде. Атап айтқанда, Fiber Bragg Grating (FBG) негізіндегі сенсорлар кернеу, температура және орын ауыстыру сияқты маңызды параметрлерді дәл анықтап, үздіксіз бақылауға мүмкіндік береді. FBG сенсорларының жұмыс принципі – талшық ішіндегі жарықтың белгілі бір толқын ұзындығын шағылдыруына негізделген. Бұл толқын ұзындығындағы өзгерістер арқылы құрылымдағы деформация немесе температура өзгерісі анықталады.

Нәтижесінде ішкі кернеулер мен ауытқуларды дәл бағалауға болады. FBG сенсорлары электромагниттік кедергілерге төзімді, жоғары сезімтал және ұзақ мерзімді қолдануға жарамды. Сонымен қатар, оларды құрылыс элементтеріне тікелей ендіріп орнатуға болады, бұл нақты уақытта бақылау жасап, ықтимал апаттардың алдын алуға мүмкіндік береді. Осы артықшылықтарының арқасында FBG сенсорлары көпірлерде, туннельдерде, биік ғимараттарда және басқа да стратегиялық маңызды нысандарда кеңінен қолданылады [7].

FBG сенсорлары жоғары сезімталдық пен тұрақтылыққа ие. Сондықтан ол көпірлер, бөгеттер және көпқабатты үйлер сияқты инфрақұрылымға ұзақ мерзімді орнату үшін өте қолайлы. Бұл тәсіл ықтимал құрылымдық ақауларды болжау және алдын алу мүмкіндігін айтарлықтай жақсартады. Бұл құрылымның қауіпсіздігі мен беріктігін қамтамасыз етеді.

Талшықты-оптикалық SHM жүйелерінің тағы бір маңызды артықшылығы - олардың электромагниттік кедергілерге иммунитеті. Бұл дәстүрлі электронды сенсорларда жиі кездесетін мәселе. Бұл мүмкіндік қатал жағдайларда да деректердің дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етеді және жүріп жатқан құрылыс процесін мүмкіндігінше аз бұзу.

Құрылымдық талдау күштердің ғимараттармен, әсіресе көп қабатты құрылымдармен өзара әрекеттесуін зерттеуді қамтиды. Тұрақтылық пен қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін жобалау мұқият орындалуы тиіс. Бұл талдау жүктемені бөлу, материалдың мінез-құлқы және құрылымдық тұтастықты түсінуге көмектеседі. Көп қабатты ғимараттар ауырлық, жел және жер сілкінісі сияқты күштерге төтеп беруі қажет. Құрылымдық инженерлер осы сынақтарға жауап бере алатын, сонымен қатар функционалды әрі эстетикалық жағымды ғимараттарды жобалау үшін аналитикалық құралдар мен әдістерді пайдаланады.

Құрылымдық талдау физикалық құрылымға және оның құрамдас бөліктеріне жүктемелердің әсерін қарастыру процесі. Құрылымдық инженерлер бұл талдауды көп қабатты ғимарат сияқты құрылымның статикалық және динамикалық күштерге төтеп бере алатындығына көз жеткізу үшін жасайды. Негізінен құрылымдық талдау ғимараттың құлауын болдырмауға көмектесетін пайда болатын күштерді болжайды [8]. Бұл процесс құрылыстың әрбір құрамдас бөлігі, мейлі ол арқалық, баған немесе іргетас болсын, жобаланған салмақты көтере алатынын қамтамасыз етеді. Қолмен немесе жетілдірілген бағдарламалық құралдарды пайдалану арқылы жасалғанына қарамастан, бұл талдау азаматтық құрылыс ғимараттарын жобалау мен салуда үлкен маңызға ие.

Типтік көпқабатты ғимарат деп әр қабаттың құрылымдық дизайны бірдей, яғни бағаналар, арқалықтар және қабырғалар жүйелі түрде қайталанатын ғимаратты айтамыз. Мұндай ғимараттарды талдау оңай, себебі олардың геометриялық құрылымы тұрақты және жүктеменің бөліну сипаттамалары алдын ала дәл болжанады.

Статикалық талдау уақыт бойынша өзгермейтін күштерге, мысалы, ғимараттың өз салмағы мен тұрақты арматураларға бағытталады. Инженерлер бұл жүктемелердің құрылымға әсерін есептеп, сол күштерге бұзылмай төтеп бере алатын ғимараттарды жобалайды.

Динамикалық талдау уақыт бойынша өзгертін күштерді, мысалы, жер сілкінісі, жел және тербеліс сияқты факторларды зерттейді. Мұндай талдау инженерлерге табиғи апаттарға қарсы тұра алатын және күтпеген қозғалыстар мен күштерге төтеп беретін қауіпсіз құрылымдарды жобалауға мүмкіндік береді.

Тұрғын үй заңында көзделген басқару нысандарының бірі болып табылады. Бұл жағдайда көпқабатты үйдің тұрғындары түрлі қызмет көрсетуші ұйымдармен тікелей келісімшарт жасасады. Оларға ыстық және суық сумен жабдықтау, ағынды суларды тазарту, газ, электр энергиясы және өзін-өзі жылытумен қамтамасыз ету кіреді. Сонымен қатар, тұрғындар үйді жалпы күтіп ұстауға және күрделі жөндеуге жауапты болады. [9].

Тікелей көппәтерлі үйді басқарудың ең оңай жолы бұл форма әрбір тұрғын үшін барлық коммуналдық төлемдерді бөлек ұстауға көмектеседі. Ал палатаның мүддесін төраға қорғайтын болады. (сот арқылы немесе қалалық НОА ұйымына хабарласу арқылы) Тұрғын үй кешенін тікелей басқаратындар коммуналдық төлемдер бойынша міндеттемелер орындалмаған жағдайда жеке жауапкершілікке тартылуы мүмкін.

Көп пәтерлі үйлерді тікелей басқару: артықшылықтар мен кемшіліктер. Бұл басқару моделі НОА жабдықтары мен басқарушы компаниялардың қызмет көрсету шығындарын қысқартуға мүмкіндік береді, сондықтан қаржылық жағынан тиімді шешім ретінде қарастырылады. Алайда оның маңызды кемшілігі көпқабатты үй тұрғындарының белсенділігі мен басқару сапасының төмен болуы. Бұл жағдайда бастамашыл топтың немесе кәсіби басқарушылардың жоқтығы үйдің жалпы жағдайына кері әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар, ортақ мүлікті басқару үшін пәтер иелері серіктестігін (КСК) құру міндетті емес, үйді тұрғындардың өздері тікелей басқара алады [10].

Қарастырылып отырған басқару үлгісі ғимарат тұрғындары бір-бірін әрең танитын жағдайларға жарамды. Өтімділік төмен болса, үшінші тарап ұйымдарына сенбеңіз. Яғни, олар тұрғын үйлерді ұстауға кететін шығындарды азайту үшін тұрғын үй кешенін тікелей басқаруға шешім қабылдады. Бірақ бұл нысан сонымен қатар заңды тұлғаны тіркеуді және бір реттік тұрғын үй шығындарын төлеуге болатын тиісті шот ашуды талап етеді. Қаражат жиналып жатқан күрделі жөндеулер және т.б. Егер тұрғындар ғимаратты күтіп ұстау туралы шешімді өздері қабылдаса, муниципалитет ғимаратты басқару үшін сол немесе басқа ұйымды тағайындау туралы шешім қабылдайды, бұл көп пәтерлі үйді тікелей басқару тек номиналды екенін білдіреді. Шын мәнінде, үй жөндеу компаниясын таңдауда бәсекелестіктің болмауы компанияларды өз міндеттемелерін елеуге және үй жөндеу ақысын төлеуден бас тартуға мәжбүр етеді. Сондықтан мұндай үйлердің іші де, сырты да жөндеуді қажет етеді.

Тікелей кондоминиумды басқарудың кемшіліктері – тұрғын үй иелерінің қауымдастығын құру немесе ауыстыру кезінде бұл нысан уақытша тиімді болғанымен, ұзақ мерзімді басқаруда қиындықтар туындатады. Мұндай басқару түрін таңдағанда бүкіл үйді кешенді басқару қажет болады. Бұл тек пәтерлерге қатысты емес, сонымен қатар ғимаратты күтіп ұстау үшін қызметкерлер санын көбейту, жөндеу мен техникалық қызмет көрсетуге білікті мамандар тарту

қажеттігін білдіреді [11].

Көпқабатты тұрғын үйлердің негізгі құрылымдық құрамдас бөліктерінің техникалық жағдайын зерттеудің және оларды реконструкциялаудың негізгі мақсаты алынған мәліметтерді құрылымдық бөліктердің техникалық сипаттамасына енгізу болып табылады. Бұл маңызды құрылымдық компоненттердің тозу пайызын дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Бұл жылжымайтын мүлік объектілерінің инвентарлық құнын дәл анықтауға мүмкіндік береді.

Жылжымайтын мүлікті техникалық зерттеу кезінде көпқабатты және көппәтерлі үйлердің негізгі құрылымдық элементтерінің және олардың жақсартылған элементтерінің техникалық жағдайы тексеріледі.

Көпқабатты және көппәтерлі үйлердің барлық негізгі құрылымдық элементтері және олардың жөндеу элементтері бақылау-өлшеу аспаптарының көмегімен өлшенеді. Ең көп таралған құрал - таспа шарасы. Дәлірек өлшеу құрылғыларына электронды және лазерлік өлшеуіш таспалар жатады, оларды пайдалану өлшеу процесін жақсартуға және жұмысыңыздың дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді [12].

Құрылымдық элементтердің техникалық жағдайы көбіне сыртқы белгілер арқылы интуитивті түрде анықталады, ал құрылымдық бөліктерді ашу жұмысы тапсырыс берушінің мүмкіндігі мен әдісіне қарай орындалады. Көпқабатты тұрғын үйлердің негізгі құрылымдық элементтерін және қайта құру мүмкіндігін тексеру кезінде олардың бір-бірімен тығыз байланыста екенін ескеру қажет. Қандай да бір бөлікте ақау немесе деформация байқалған жағдайда, сол аймақпен байланысты басқа элементтерді де мұқият тексеру керек. Негізді жер деңгейінен төмен тексеру кезінде зақымдалған іргетас блоктарына ерекше назар аударған жөн. Ақауларға толық немесе ішінара қирау, қатарлардың бөлінуі, кірпіштердің бұзылуы, жеке тастардың немесе сынықтардың жоғалуы, блоктар арасындағы тік және көлденең жарықтар жатады. Көлденең жарықтар сол аймақтағы іргетастың жүк көтергіштік қабілетінің төмендегенін көрсетуі мүмкін, ал жертөле қабырғаларындағы жарықтар іргетастың біркелкі емес шөгуінің белгісі болып саналады.

Жертөле болмаған немесе көзбен шолу үшін іргетасқа қол жеткізу мүмкін болмаған жағдайда, іргетастың техникалық жағдайын іргетас пен қабырғалардың техникалық жағдайын бағалау арқылы қорытындылау керек.

Сызбаға жолақ іргетасының техникалық жағдайы сияқты ақпаратты жазу қажет. Жолақ іргетасының жалпы ұзындығы сызықтық метрде, әрбір тірек астында негіз бөлікпен есептеледі және тік беті шаршы метрде көрсетіледі. [13].

Қабырғалардың тік бағыттан ауытқуы ескерілуі тиіс, бір қабат биіктігі үшін ол 2 см-ден, ал бүкіл ғимарат биіктігі үшін 6 см-ден аспауы қажет. Саңырауқұлақтар, ылғал және құрылыс материалдарының бүлінуі қабырғаларға зақым келтіруі мүмкін. Қабырғалық материалдың (кірпіш немесе басқа элементтер) зақымдануы құрылымның жалпы тұрақтылығына әсер етеді. Көпқабатты және көппәтерлі ғимараттардағы техникалық жағдайды бағалау кезінде сыртқы және ішкі қабырғалар, қасбеттер, аулалық қабырғалар жеке-жеке

тексерілуі тиіс. Жертөле аймағында еріген немесе жаңбыр суларының жиналуы, жер асты суларының жоғары деңгейі және дренаж жүйесінің техникалық жағдайы ерекше назарға алынуы қажет.

Шатыр құрылымы мен жабын материалдарының жағдайын визуалды тексеру арқылы, әсіресе жабын панельдерінің астындағы бөліктерді қарау арқылы бағалауға болады. Ағаш шатыр элементтеріндегі шірікті анықтау үшін оларды түртіп тексеру қажет, дыбыс бәсең болса, бұл зақымдану белгісі болуы мүмкін. Шатыр терезелерінің жабын жағдайына және теледидар антенналары орнатылған жерлерге ерекше назар аудару керек.

Біріктірілген шатырды және жоғарғы төбені бір уақытта тексеру қажет, әсіресе шатыр мен тік құрылым түйіспеулеріне назар аудару керек. Төбеде жарықтар, ағып кету немесе қатайған жерлер болса, барлық қабаттар толық тексерілуі тиіс. Тексеру кезінде едендердің шөгуі, төбелердің салбырауы, ағып кету белгілері, ағаш бөлшектердің ыдырауы және жәндіктер зақымдары анықталады. Ағаш едендерде жарықтар мен олардың қозғалысы, сондай-ақ тақталардың тозуы, шөгуі, шіріп кетуі және паркет бөліктерінің жоғалуы ескерілуі тиіс [14].

Жақтау бөлімдерінің қабырғаларын тексеру кезінде сылақтың бұзылуы, ылғал дақтар және ағаштың ылғалдылығы ескерілуі тиіс. Шірік, саңырауқұлақтар немесе жәндіктерден болған зақымдар, әсіресе санитарлық жабдықтар орнатылған жерлерде кездеседі. Панельдер мен кірпіш қалқаларда ісіну мен жабынның бүлінуін бақылау қажет. Аралық қабырғалар, жүк көтергіш қабырғалар, төбелер, ағаш жәшіктер және санитарлық тораптармен түйісетін жерлерде тік ауытқулар мен жарықтар пайда болуы мүмкін [15].

Бұл жағдайда терезе мен есік блоктарының қабырғаға түйісетін жерлеріндегі жарықтарға назар аудару қажет. Саңырауқұлақтар мен жәндіктерден туындаған шірік пен зақымдар, сондай-ақ бос панельдер мен есік жақтаулары да ескерілуі тиіс. Пештерде жарықтар, тік бағыттан ауытқу, қабырғаның немесе металл корпусының жануы және түтін құбырының ақаулары анықталады. Баспалдақтарда тірек элементтері мен дәнекерлеу түйіндерінің жағдайы, тұтқалардың беріктігі, жарықтар мен зақымданулар, қабырғамен түйіскен жерлердегі жарықтар тексеріледі. Инженерлік жүйелерге келсек, жылу, су, газ, дренаж, желдету жүйелері, электр сымдары, сантехникалық құрылғылар, құбырлар мен оқшаулаудың техникалық жағдайы мен ақаулары бағаланады. Ландшафт элементтерінде жабындардағы ойықтар, тас жоңқалары, бордюрлер мен шағын сәулеттік пішіндердің тозуы мен зақымдануы есепке алынады.

Көпқабатты тұрғын үйлердің негізгі құрылымдық құрамдас бөліктерінің техникалық жай-күйін тексерудің ұсынылатын әдістеріне мыналар кіруі мүмкін ол - «Ережелер жинағын әзірлеу процесінде техникалық жағдайларды бағалау әдістері бойынша ұсынымдар».

«Ірі плиталар мен тастан жасалған ғимараттардың техникалық жағдайын тексеру және бағалау жөніндегі нұсқаулық» осындай ғимараттар мен құрылыстардың деформациясы мен құрылымдық зақымдануын анықтау әдістерін қарастырады. Құрылымның зақымдануын ескере отырып, техникалық

жағдайын және нақты жүк көтергіштігін бағалау арқылы.

Көппәтерлі тұрғын үйлердің техникалық жай-күйін тексеру бойынша кәсіптік органдардың техникалық есептерін бағалау бойынша әдістемелік нұсқаулар мұндай қорытындылардың заңнамада және қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттамада белгіленген талаптарға сәйкестігін бағалауға арналған [16].

МЕМСТ 31937-2011 "Ғимараттар мен құрылыстар. Техникалық жағдайды тексеру және бақылау ережелері" тексеру тәртібі мен зерттелетін объектілерді, мысалы, жертөле топырағын, іргетастарды, қабырғаларды, төбелерді және т.б.

1.2 Көп қабатты үйлердің қалыптасуы мен классификациясы

Көп қабатты тұрғын үйлердің қалыптасуы тарихи, әлеуметтік және техникалық факторлардың ықпалында дамыды. Урбанизация процесі мен халық санының өсуі құрылыс тығыздығын арттыру қажеттілігін туындатты, бұл өз кезегінде көп қабатты үйлердің кең таралуына себеп болды. Мұндай үйлердің жобалануы мен құрылымы уақыт өте келе стандартталған жүйеге өтті. Қазіргі таңда көп қабатты үйлерді классификациялау бірнеше негізгі белгілерге негізделеді олар - қабаттар саны, құрылыс материалы, жүк көтергіш жүйенің түрі, функционалдық мақсаты және инженерлік шешімдері. Мысалы, конструктивтік жүйесіне қарай олар - панельді, кірпішті, монолитті және құрастырмалы болып бөлінеді. Сонымен қатар, пайдалану сипатына байланысты тұрғын, әкімшілік немесе аралас мақсаттағы ғимараттар ретінде ажыратылады. Осылайша, көп қабатты үйлердің қалыптасуы мен классификациясы бір-бірімен тығыз байланысты, өйткені құрылыс тәжірибесінің жинақталуы ғимарат түрлерін жүйелеуге және оларды тиімді жобалауға негіз болды.

Көпқабатты үйлер қала құрылысының негізгі түрі болып табылады. Ғимараттағы қабаттардың максималды саны әртүрлі болуы мүмкін. Қаланың әкімшілік маңызы мен халқына байланысты көпқабатты үйлерді келесі белгілері бойынша жіктеуге болады:

- Жаппай өндірілген тұрғын үй мен мамандандырылған тұрғын үй арасында айырмашылық бар.

Үлкен ғимараттарға әртүрлі құрамдас бөліктері бар тұрақты отбасылық пәтерлер жатады. Қабаттардың саны бойынша олар үш санатқа бөлінеді:

- Көпқабатты үйлер (3-тен 5-қабатқа дейін);
- Көпқабатты үйлер (6-дан 9-ға дейін (10) қабат);
- 10 қабаттан жоғары ғимараттар.

Көлемді жоспарлау мәселесін шешу әдісіне сәйкес көпқабатты үй макетінің бірнеше маңызды ерекшеліктері бар, олардың ішінде көп бөлікті, бір бөлікті (мұнара түрі), жаяу жүргіншілер жолы, аспан көпірі, аралас (гибридті) және т.б [17].

Дизайн нұсқауларына сәйкес дәстүрлі диафрагма (қабырға) және рамалық (рамалық тип) жүйелері, сондай-ақ бөшкелік жүйелер бар. Ол 25-тен 70 қабатқа

дейінгі ғимараттарды салу үшін және ең биік ғимараттардағы қабық жүйелері үшін пайдаланылды.

Нағыз зәулім ғимараттардың пайда болуының алғашқы қадамы лифтінің өнертабысы болды.

19 ғасырдың ортасында Элиша Отис есімді жас инженер апат кезінде лифт құлап кетпес үшін бірінші бу көтергішін жасап, оған қауіпсіздік арқанын қосқан. Бір қызығы, инженерлер өздеріне зиян келтіруі мүмкін өнертабыстарды сынауға мәжбүр. Сәтті сынақтан 1857 жылы басталған Отистің бу көтергіші Нью-Йорктегі әкімшілік ғимаратқа орнатылды.

Ғимарат биіктігін арттыруға екінші кедергі құрылыс технологиясы болып табылады. Бастапқыда үйдің қосымша салмағы жүк көтергіш қабырғаларға тіреледі. Жаратушы оған қалыңдық қосуы керек. Бұл тәсіл құрылысты қымбаттатады. Бұл тым ұзаққа созылды және мүмкін болатын қабаттардың саны шектеулі болды 1870 және 1880 жылдары құрылыстың жаңа әдістері жасалды. Жоба болат және темірбетон өндірісіндегі инновациялық жетістіктерге негізделген. Темір қаңқаға салынған көпқабатты үйлер үшін рама негізгі жүк көтергіш құрылым болады. Қабырғаның қалыңдығы енді маңызды шарт емес.

Көпқабатты үйлердің классификациясы және осы ғимараттарға қойылатын талаптар Көпқабатты үйлер қала құрылысы мен қалалық елді мекендерде негізгі құрылыс түрі болып табылады. Ғимараттың ең көп қабаттарының саны қаланың әкімшілік маңыздылығына және халық санына байланысты. Үлкен республиканың орталығында тұрғын үйлер 25...30 қабатқа дейін, ал әкімшілік ғимараттар 30 қабаттан жоғары болуы мүмкін.

Қолданылуына қарай көпқабатты үйлер азаматтық және өндірістік ғимараттар болып екіге бөлінеді. Көп қабатты қоғамдық ғимараттардың көпшілігі тұрғын үйлер, қонақ үйлер, жатақханалар, ауруханалар, әкімшілік ғимараттар және т.б.

Көпқабатты үйлердің барлық түрлеріне қойылатын басты талаптардың бірі олардың отқа төзімділігі мен құрылымдық беріктігін қамтамасыз ету. Мұндай үйлер, әдетте, капитал сыйымдылығына байланысты I және II типке жіктеледі. Бұл олардың құрылыс конструкцияларының отқа төзімділігі мен беріктік деңгейі кемінде R деңгейінде болуы керек екенін білдіреді.

Металл конструкцияларды қорғау кейбір жағдайда қажет болмауы мүмкін. Алайда, қатал қоршаған орта жағдайларына ұшырайтын (мысалы, жиі және күрт температура өзгерістері, жоғары ылғалдылық, ағып кетулер, химиялық әсерлер және т.б.) өнеркәсіптік ғимараттар үшін құрылымдық беріктікке қойылатын талаптар өте маңызды.

Көпқабатты өнеркәсіптік ғимараттар, ең алдымен, тік өндірістік процестерді пайдалана отырып, өндіріс үшін пайдаланылады. Шектеулі аумақтардағы құрылыс еденге айтарлықтай жүктемені тудырмайтын жабдықты, шикізатты және дайын өнімдерді қамтиды. Ал оны темір жол және автомобиль арқылы тікелей зауытқа жеткізудің қажеті жоқ. Ғимараттың бұл түрі тоқыма, электротехника, химия, жеңіл өнеркәсіп және аспап жасау сияқты салаларда кеңінен қолданылады.

Көпқабатты үйлердің бір қабатты үйлерден артықшылығына құрылыс көлемінің бірлігіне игерілген аумақты және нәтижесінде сыртқы қоршау алаңын азайту жатады. Соның ішінде заманауи мегаполистердің сәулет элементтері мен кеңістіктерінде пайдаланудың көбірек мүмкіндіктері.

Кемшілігі - бұл күрделі дизайнды қажет етеді. Ал жүктер мен адамдарды тасымалдау үшін тік көлік жүйелері қажет. Әсіресе үлкен жабдықтың мағынасы бар, бұл бірдей ұйымдастырушылық мүмкіндікте қосымша өндірістік кеңістікті қажет етеді. Осыған байланысты көпқабатты ғимараттың құны бір қабатты үйге қарағанда біршама жоғары.

Ең көп таралған өндірістік ғимараттардың биіктігі бес қабаттан аспайды. Ғимараттағы едендердің ең көп рұқсат етілген саны және өртке қарсы қабырғалар арасындағы шекті рұқсат етілген аумақ ғимараттың отқа төзімділік деңгейіне және ғимаратта өндірілетін өнімдердің өртке қарсы санатына қарай анықталуы керек.

Сондықтан I және II дәрежелі отқа төзімділік деңгейі бар B, G және D класты өндірістік ғимараттар үшін рұқсат етілген ең жоғары биіктік I және II деңгейлері бар A, B және C өндірістік ғимараттар үшін рұқсат етілген ең жоғары биіктігі 6 қабат;

Көп қабатты өнеркәсіптік ғимараттардың көптеген түрлері бар, негізінен қатарлы типті, бұрыштық типті, U типті, W типті (жартылай жабық ауласы және ішкі жабық ауласы бар) және т.б., бірақ негізгі түрі ретінде төртбұрышты түрі ұсынылады. Өйткені оны құру ең оңай, ыңғайлы орналасқан және процесс ағынындағы басқа өзгерістерді қолдайды.

Көп қабатты өнеркәсіптік ғимараттардың негізгі құрылыс параметрі колонналық тор болып табылады. Еденнің биіктігі мен жердегі жүктеменің құрылыс параметрлері бірнеше кеңейту модульдерінен тұратын модульдік жүйемен анықталады.

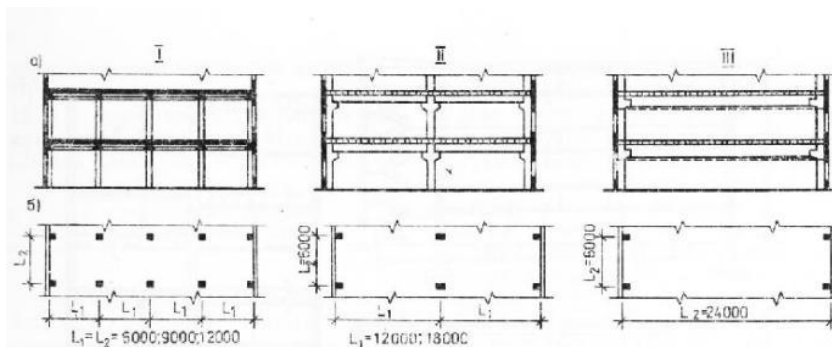
Көпқабатты өнеркәсіптік ғимараттар колонналық тордың сипатына қарай үш түрге бөлінеді: 6X6, 9X9, 12X12 өлшемді төртбұрышты бағандық торы бар, бір өлшемі екіншісінен үлкен; Ғимарат торының өлшемі 12X6 метр немесе одан үлкен және ішінде тіреуіш бағандары жоқ холл типті. Ені 18, 24 метр және одан жоғары.

Аралықтары мен залдары бар ғимараттарда төбе құрылымының биіктігі санитарлық технология мен техникалық коммуникацияларды тарату үшін пайдаланылуы мүмкін. (Техникалық жартылай қабат) Өндірістік цехтар мен санитарлық отбасылық бөлмелердің схемасы (Техникалық қабат) Жоғарғы қабаттардың колонналық торы әдетте басқа қабаттарға қарағанда көбірек қолданылады.

Көп қабатты өнеркәсіптік ғимараттар үшін ең көп таралған еден биіктігі 3,6, 4,8 және 6 метрді құрайды (бірінші қабатта крандар мен үлкен техникалық жабдықтар орналастырылған кезде). Рұқсат етілген биіктік 7,2 метрге дейін ұлғайтылды.

Егер көп қабатты өнеркәсіптік ғимарат табиғи (бүйірлік) жарыққа арналған болса, еденнің биіктігі ғимараттың еніне қатысты. Өйткені, терезенің ықтимал

биіктігі бөлменің жарықтың қаншалықты терең қабылданатынын анықтайды. Сондықтан ғимарат неғұрлым кең болса, соғұрлым қабаттардың саны көп болуы керек.



I – ұялы; II – ұшу; III – зал; а-секциялық фрагмент; б-жоспардың фрагменті

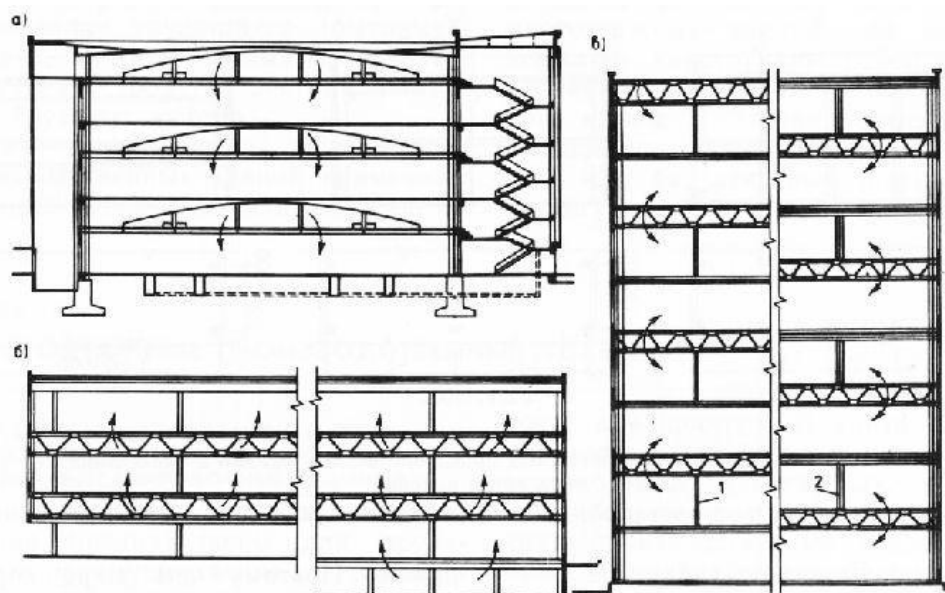
1.1-сурет – Колонналық тордың сипатына байланысты көп қабатты өндірістік ғимараттардың жіктелуі:

Көп қабатты өнеркәсіптік ғимараттарды жобалау кезінде әртүрлі процестерді тігінен орналастыру кезінде белгілі бір аймақтарға бөлу принциптерін сақтау қажет. Ылғалды процесті қолданатын және төменгі деңгейден көп мөлшердегі ағынды суларды ағызатын өндіріс орны. Жылу мен газдың көп мөлшерін шығаратын өндіріс орындарын жоғары қабаттарда орналастыру ұсынылады. Өрт және жарылыс қаупі бар өндірістерде жоғары крандар мен мұнараларға сұраныс артып келеді. (желдету бөлмесі, кондиционер бөлмесі, сорғы бөлмесі және т.б.) Өндіріс алаңдарының қабат ішіндегі бөлінуі (көлденең) аспан жарығы саңылауларынан туындаған табиғи жарықтың біркелкі еместігімен анықталады. Өте кең ғимараттың ең аз жарықтандырылған орталық аймағы. Ол табиғи жарық талаптары төмен өндірістік аумақтарда, қоймаларда, элеваторларда және тік қосалқы шахталарда қолданылуы керек. және санитарлық қондырғылардың бұл орналасуы 60-тан 72 метрге дейінгі радиуста өндірістік және техникалық қызмет көрсету бөлімшелері арасында жақсы байланыс орнатуға мүмкіндік береді.

Қосымша қондырғылар мен көлік тораптарын қамтамасыз етудің тағы бір тиімді тәсілі – оларды өндірістік ғимараттардың жанында жеке блоктар ретінде орналастыру. Бұл блоктар ғимараттың алдында немесе соңында орналасуы мүмкін. Мұндай құрылым өндірістік базаны ірі функционалдық топтарға бөлуге мүмкіндік береді және қосалқы объектілерді өндірістік аймаққа жақын жерде тиімді орналастыруды қамтамасыз етеді. Бұл тәсіл кең таралған әрі заманауи өндіріс орындарының қажеттіліктеріне икемделуге мүмкіндік береді. Мұндай шешімдер көпқабатты өнеркәсіптік ғимараттардың әмбебап типологияларын қалыптастыруға жол ашады, бұл өз кезегінде өндірісті жедел түрлендіру мен жаңғыртуда аса маңызды. Ғимараттарды одан әрі жетілдіру бағыты – үлкен қадамды тор бағаналармен (мысалы, 12×12 м, 18×6 м, 24×6 м) кең ғимараттар салу және фермалар арасындағы кеңістіктерге техникалық қабаттарды орналастыру болып табылады.

Көп қабатты үйлердегі тік тасымалда баспалдақ, жүк және жолаушылар лифтілері қолданылады. Соның ішінде арнайы тасымалдау жабдықтары (технологиясы), мысалы, элеваторлар, шөмішті элеваторлар және т.б.

Тек өндірістік қабаттарға қызмет көрсететін баспалдақтар ғимараттың ортасында орналасады. Қасбетке жақын немесе ғимараттың кеңейту бөлігінде баспалдақтар әртүрлі қабаттарға жету үшін осы бөлмелердің қиылысында орналасқан әртүрлі биіктіктегі өндірістік бөлмелер үшін де, көп мақсатты бөлмелер үшін де қолданылады. Баспалдақтардың саны, баспалдақ торларының арасындағы қашықтық және әр түрлі алаңдардан қадамдардың ені құрылыс және өрт қауіпсіздігі ережелеріне сәйкес болуы керек. Жұмысшыларды қауіпсіз эвакуациялауды қарастыру Тік жүктерді тасымалдаудың ең көп тараған түрі – жүк лифті. Қазіргі уақытта қолданылатын жүк лифтілерінің жүк көтергіштігі 500~5000кг. Егер жоғарғы қабаттың биіктігі 15м-ден жоғары болса, жолаушылар лифтісін тасымалдау торабы ретінде жиі біріктіру керек.



а-әрбір өндірістік қабатқа жоғарыдан қызмет көрсету; б-төменнен; іргелес екі өндірістік қабатқа қызмет көрсету; 1-суспензия; 2-тұру

1.2-сурет – Фермааралық кеңістікте техникалық едендері бар көп қабатты өндірістік ғимараттар:

Ғимараттың анықтамасы және ғимаратқа қойылатын талаптар «Ғимарат» сөзін құрылыс құжаттары тұрғысынан анықтайық. Ғимараттар – тұрғын үй ғимараттары сияқты еңбек, білім, жұмыс және ойын-сауық сияқты әр түрлі іс-әрекеттерге арналған орындарды қамтамасыз ететін жердегі құрылыстар. Өнеркәсіптік кәсіпорындар Сауда және әкімшілік орталықтар, кинотеатрлар мен кітапханалар Кез келген ғимаратқа қойылатын негізгі талаптар Жіктелуіне қарамастан Оларды келесі категорияларға бөлуге болады: Функция – объектінің (формат, қабаттардың саны) оны пайдалануға қаншалықты сәйкес келетінін анықтайды.

Технология - құрастырмалы құрылымдардың қоршаған ортаның әсерлері мен жүктемелеріне қарсы тұру қабілетін көрсетеді.

Архитектуралық талаптар ғимараттың функционалды пайдаланылуы мен сыртқы келбеті арасындағы үйлесімді байланысты қамтамасыз етеді, сонымен қатар оны қоршаған ғимараттар мен ландшафтпен сәйкестендіре отырып жобалау маңызды. Экономикалық талаптар құрылыс тиімділігін арттыруға, сондай-ақ қаржылық және уақыттық шығындарды барынша азайтуға бағытталған.

Ғимараттың мақсаты көбінесе оның архитектуралық құрылымын, орналасуын, қабаттарының санын және ең қолайлы материалдар мен құрылыс техникасын таңдауды анықтайды.

Ғимараттағы қабаттардың саны Жіктеудің басқа түрі объектінің санаттарының санын қамтиды. Қабаттар саны жер үстіндегі қабаттардың жалпы санын білдіреді. Ресей Федерациясының «Қала құрылысы туралы» заңына сәйкес бұл «қабаттардың саны» ұғымына сәйкес келмейді. Жертөле де, жертөле де қарастырылады.

Технологиялық талаптар ғимараттың күрделі инженерлік жабдықтарын қолдауға бағытталған және оның жерге қатысты орналасуына тәуелсіз қарастырылады. Шатыр мен лифт кеңістігіне қатысты SNiP нормалары тұрғын, қоғамдық және өндірістік ғимараттардағы қабаттар санын анықтау тәртібін әртүрлі белгілейді. Бұл ұғымдар объектінің жобалық құжаттамасы мен техникалық төлқұжатын әзірлеуде өте маңызды болып табылады.

Табиғи тастан жасалған тас түрлі кірпіш түрлерін дайындауға қолданылады, сондай-ақ темірбетон плиталары, болат тақталар және ұзын темірбетон бұйымдары пайдаланылады. Сонымен қатар, жеңіл металл мен пластик құрылымдар да кең таралған. Құрылыс әдістері құрастырмалы немесе құрама монолитті болуы мүмкін. Әрбір материал мен құрылыс тәсілінің өзіндік артықшылықтары мен ерекшеліктері бар. Мысалы, көп қабатты ғимараттарда ағаш қабырғалар қолданылмайды, өйткені олар ауырлыққа төтеп бере алмайды, сондықтан құрылыс материалын таңдау ғимараттың функционалдық мақсаты мен қабаттар санына байланысты жүзеге асырылады.

Бұл жіктеу ең қолайлы жоспарлау және жобалау тәсілін анықтау үшін өте маңызды. Капитал деңгейі неғұрлым жоғары болса, қабырғалар мен қалқаларды салу кезінде соғұрлым берік және отқа төзімді материалдарды пайдалану керек.

Егер ғимараттың пайдалану мерзімі 20 жылдан аз болса, ол уақытша ғимарат болып саналады. Төзімділік тек қолданылатын құрылыс материалдарына байланысты емес. Бірақ ол жердің жұмыс жағдайына да байланысты. Монтаждау жұмыстарының сапасы, ғимаратқа уақтылы техникалық қызмет көрсету және жүйелі жөндеу Басқа да құрылыс классификациялары бар. Ол құрылымның негізгі техникалық параметрлерін жоспарлауды және бақылауды жеңілдету үшін жасалған. Сіз Liding компаниясының мамандарынан өндірістік және тұрғын үй құрылысы туралы көбірек біле аласыз. және Еділ бойындағы әртүрлі аймақтардағы тұрғын үйлер.

1.3 Көпір құрылымдарын үздіксіз бақылау жүйесі

Көпір құрылымдарын үздіксіз бақылау жүйесі – бұл көпірдің техникалық жай-күйін, қауіпсіздігін және ұзақмерзімділігін қамтамасыз ету үшін нақты уақыт режимінде жүргізілетін мониторинг жүйесі. Мұндай жүйе әртүрлі датчиктер, бағдарламалық жасақтама және байланыс технологияларының көмегімен жүзеге асырылады.

Кесте 1.1 – Көпір құрылымдарын үздіксіз бақылау жүйесі

Санат	Сипаттама
Жүйенің атауы	Көпір құрылымдарын үздіксіз бақылау жүйесі
Мақсаты	Құрылымның қауіпсіздігін қамтамасыз ету, ақауларды алдын ала анықтау
Бақылау параметрлері	Жүктеме, тербеліс, температура, ылғалдылық, қисайма, жарықшақтар
Құрылғылар мен датчиктер	- Деформация датчиктері - Акселерометрлер - Инклинометрлер - Температура/ылғалдылық сенсорлары - Камералар
Деректерді жинау жиілігі	Секундына/сағатына/тәулігіне бір рет (жоба талаптарына байланысты)
Байланыс жүйесі	Сымды (Ethernet, оптикалық талшық) немесе сымсыз (Wi-Fi, GSM, LoRa)
Ақпаратты сақтау әдісі	Бұлттық серверлер, локалды дерекқорлар, деректер қоймасы
Талдау жүйесі	Машиналық оқыту модельдері, статистикалық әдістер, шекті мәндермен салыстыру
Ескерту жүйесі	SMS, email, қосымша арқылы ескерту, дабыл сигналы
Артықшылықтары	- Апаттарды алдын ала болжау - Жөндеу шығындарын азайту Адам өмірін қорғау
Қолдану салалары	- Автожол көпірлері, теміржол көпірлері, аспалы көпірлер
Мысал жүйелер	- SHM (Structural Health Monitoring), BMS (Bridge Monitoring System)
Күрделілігі	- Орнату мен қызмет көрсету үшін инженерлік біліктілік қажет
Қаржылық шығын	- Орташа – жоғары (құрылғы түрлері мен көпірдің күрделілігіне байланысты)

Кесте 1.2- Көпір құрылымдарын үздіксіз бақылау жүйесі

Санат	Сипаттама
Мониторинг түрлері	- Динамикалық (тербеліс, діріл) - Статикалық (деформация, қисайма)
Энергия көзі	Күн панельдері, батареялар, жел генераторлары
Деректерді қорғау	Шифрлау (AES, SSL), рөлге негізделген рұқсаттар
Жүйенің қызмет ету мерзімі	10–15 жыл (жаңарту мен техникалық қызметке байланысты)
Автоматты талдау мүмкіндіктері	- Аномалияларды тану - Болжау жасау (Predictive Maintenance)
Жұмыс істеу ортасы	-20°C-тан +60°C-қа дейін, су және шаң өтпейтін корпус (IP65, IP67)
Қашықтан басқару	Веб-интерфейс, мобильді қосымша, телеметрия жүйелері
Калибрлеу және тексеру	Жыл сайынғы техникалық тексеріс пен қайта калибрлеу

Жүйенің жұмыс принципі (қадам бойынша):

- Датчиктер орнатылады – көпірдің негізгі тірек бөліктеріне (арка, арқалық, тірек);
- Деректер жиналады – нақты уақытта немесе белгілі бір интервалмен;
- Деректер байланыс арқылы серверге жіберіледі – бұлттық немесе локалды жүйе;
- Серверде деректер өңделеді – аномалиялар анықталады, есептер құрылады;
- Инженер ескерту алады – қауіпті жағдай туындаса;
- Алдын ала шаралар қолданылады – жөндеу, тексеру, қозғалысты шектеу.

Кесте 1.3- Халықаралық жобалар мысалдары

Жоба атауы	Ел	Ерекшеліктері
Tsing Ma Bridge SHM	Гонконг	800+ датчик, нақты уақыт мониторингі, жел мен жүктеме бақылауы
Golden Gate SHM	АҚШ	2400 сенсор, деректерді бұлтта сақтау және жасанды интеллект
Millau Viaduct	Франция	Жел мен дірілді бақылау, температура компенсациясы

Көпір құрылымын үздіксіз бақылау жүйесі – бұл функционалды тұтынушылық сипаттамалардың белгіленген шектерде сақталуын қамтамасыз ету мақсатында көпір құрылымының жұмыс жағдайлары мен жұмысын бақылайтын жүйе.

Мониторингтің мақсаты – нормативтік құқықтық актілерде және техникалық және/немесе жобалау (жобалық) құжаттамада белгіленген параметрлерге сәйкес объектінің ұзақ мерзімді функционалдығын қамтамасыз ету.

Жүйе құрылыс алаңдарында да, жұмыс істеп тұрған нысандарда да қолданылады. Ол келесі ақпаратты береді:

- Көпір құрылымдарының кернеулі-деформациялық күйі туралы;
- Айналым жүктемесіне қатысты;
- Жер сілкінісі және дауылдық жел сияқты ерекше немесе максималды әсерлер;
- Шамадан тыс жүктемеге қатысты;
- Үздіксіз мониторинг жүйесінің негізгі міндеттері;
- Жобалау кезеңінде көпір әрекетін модельдеу;
- Барлық өлшем параметрлері (кернеу, орын ауыстыру, күш, айналу бұрышы) үшін сыни аймақтар мен диапазон шекараларын бағалау;
- Температура, ылғалдылық, жел, радиация, кернеу және іргетастың деформациясына байланысты күштер сияқты әртүрлі факторлардың әсері бағаланады;
- Үздіксіз мониторинг жүйесінің артықшылықтары;
- Құрылымдық элементтер, жүктемелер және әсер ету жағдайлары туралы тарихи деректерді үздіксіз жинау;
- Құрылымдардың сенімділігі мен қызмет ету мерзімін арттырады;

- Жинақталған ақпарат басқа объектілер үшін нормативтік құжаттаманы жобалау және дайындау үшін бастапқы деректер ретінде пайдаланылады;

Жұмыс істеп тұрған көпір құрылымдарының жағдайын бақылауға арналған нұсқауларды орындайтын Үздіксіз көпір бақылау жүйесі (CBMS). өлшеу құрылғыларын (датчиктер) пайдалана отырып, көпір құрылымдарының жұмысы мен пайдалану шарттарын нақты уақыт режимінде бақылау үшін қолданылады. Мониторингтің мақсаты – нормативтік құқықтық актілерде және техникалық және/немесе жобалау (жобалық) құжаттамада белгіленген параметрлерге сәйкес объектінің ұзақ мерзімді функционалдығын қамтамасыз ету.

Нормативтік құжаттарға сәйкес орнатылған көпір құрылыстарының техникалық жай-күйін бағалау үшін тексерулер мен іздестірулер жүргізілуі керек, олардың процесінде өлшеу құралдары пайдаланылады және объектілерде сынақтар жүргізіледі. Дегенмен, бірегей және техникалық күрделі объектілер мен көпір құрылымдары үшін бұл зерттеулер процестің жоғары еңбек сыйымдылығына және диаграммаларда анықталған құрылым элементтеріне сарапшылардың қол жетімділігінің шектеулі болуына байланысты қымбатқа түседі.

Көпір құрылымдарындағы сынақ жүктемелерін имитациялау өте қымбат, өйткені ол ауыр жабдықтар мен динамикалық сынақ қондырғыларын қажет етеді. Бұған қоса, бұл қымбатқа түседі, себебі қол жеткізу қиын құрылымдық элементтерге қол жеткізу үшін мамандар арнайы жабдықты пайдалануы керек. Тағы бір мәселе, көпірде көлік қозғалысын сынау үшін уақыт шегі бар, бұл көлік бағыттарын бұзып, кептеліс, көліктердің шамадан тыс жиналуы және басқа да мәселелерге әкеледі.

Бұл тәсілдің тағы бір кемшілігі – ол тек ағымдағы деңгейде проблеманы анықтайды, бұл ақаудың түпкі себебін анықтауды қиындатады. Айта кету керек, тіпті тәжірибелі маман әрқашан ақаулардың немесе теріс процестердің нақты себебін анықтай алмайды. Біршама уақыт өткеннен кейін белгілі бір сенімділік деңгейін практикалық растауды талап ететін гипотеза ұсынылған.

Көпір құрылыстарының жай-күйі туралы нақты және сенімді ақпараттың тұрақты ағынынсыз көпірлерді қауіпсіз пайдалануды қамтамасыз ету бойынша тиімді шешімдер қабылдау мүмкін емес, бұл түптеп келгенде жөндеу жұмыстарының құнының өсуіне әкеледі

Қазіргі жағдайды бақылау жүйелері бұл мәселені шеше алады. Ұзақ уақыт бойы көпір құрылымдарын үздіксіз бақылауды қамтамасыз ету үшін өлшеу жабдықтарының (датчиктер, контроллерлер) және бағдарламалық қамтамасыз ету кешенін пайдалануға болады.

Үздіксіз көпір жағдайын бақылау (CBCM) жүйесін қолдану, SNMM жүйесі құрылыс аландарында да, жұмыс істеп тұрған нысандарда да келесі ақпаратты үздіксіз қамтамасыз ету үшін қолданылады:

- Көпір құрылымдарының кернеулі-деформациялық күйі;
- Қан айналымына жүктеме;

- Жер сілкінісі және дауылдық жел сияқты қалыптан тыс немесе максималды әсерлерге қатысты;
- Шамадан тыс жүктеме;
- Көпір құрылымының басқа көрсеткіштері көпір жұмысын басқаруда тиімді шешім қабылдауға мүмкіндік береді;
- Үздіксіз көпірді бақылау жүйесінің (CBMS) артықшылықтары.

Көпір құрылымдарын үздіксіз бақылау жүйесінің басты артықшылығы құрылымдық элементтердің, жүктемелердің және әсерлердің жұмыс жағдайлары туралы тарихи деректерді үздіксіз жинау болып табылады. Кейінгі пайдалану құрылымның сенімділігін тиімді түрде сақтай алады, осылайша құрылымның қызмет ету мерзімін сәйкесінше ұзартады. Жинақталған ақпарат басқа объектілер үшін жобалық және нормативтік құжаттаманы дайындау үшін бастапқы деректер ретінде де пайдаланылуы мүмкін.

Нақты уақытта объектілер туралы ақпаратты жинайтын жүйені енгізу үшін сізге қажет:

1. Тәуекел факторларының тізілімін және деректерді жинау және талдау құралдарын қалыптастыру;
2. Жиналған деректерді талдауға ыңғайлы пішінге түрлендіру алгоритмдерін жасау;
3. Біз сіздің ақпаратыңызды сақтаймыз және сұрау бойынша сізге береміз.
4. Кәсіби мамандарға ақпаратты тиімді пайдалана алатындай етіп ұсынатын пайдаланушы интерфейсін жасау.

Үздіксіз көпірді бақылау жүйелерінің объект құрылымдарының басқа түрлерін бақылауға арналған ақпараттық-өлшеу жүйелерінен айырмашылығы өлшенетін объектінің сызықтық ұзындығының айтарлықтай ұзағырақ болуы болып табылады. Бұл пайдаланылатын құрылғылардың үнемділігі мен техникалық сипаттамаларына байланысты жеке сенсорларды далада пайдалануды практикалық емес етеді.

Бұл жүйелерді енгізу кезінде олардың қоршаған ортаның қолайсыз жағдайында да жұмыс істеуі керек екенін ескеру өте маңызды. Басқаша айтқанда, көпір құрылымы теңізде орналасса, ол температураның күрт өзгеруіне, жоғары ылғалдылыққа және олармен байланысты басқа факторларға (мысалы, тұзды желдерден туындаған коррозияға) төтеп беруі керек.

Жүйе жинайтын негізгі ақпарат көпір құрылымы мен оның құрамдас бөліктерінің жалпы қозғалысы мен деформациясы, элементтердің кернеулі-деформациялық күйі мен күштері, құрылымдық құрамдас бөліктердің жергілікті және бұрыштық деформациялары, өзара қозғалыстар туралы мәліметтер болып табылады.

Үздіксіз бақылау жүйесінде динамикалық жүктемелерге ұшыраған құрылымның техникалық және пайдалану жағдайы нақты уақыт режимінде анықталады және сынақ жүктемесі ретінде нақты жүктеме алынады.

Көпір құрылыстарының жай-күйін бағалау әдістемесі құрылымдық есептеу теориясының ережелері мен алгоритмдеріне, тиісті нормативтік-техникалық құжаттамаға, көпір конструкцияларын сынау ережелеріне негізделуі

керек.

Үздіксіз көпір жағдайын бақылау (СВСМ) жүйесінің жұмысы:

Үздіксіз мониторинг жүйесі келесі міндеттерді тиімді шешеді:

1) Жобалау кезеңінде аяқтың әрекетін модельденіз. Жүйе барлық өлшенетін параметрлердің (кернеулер, орын ауыстырулар, күштер, айналу бұрыштары) критикалық аудандары мен диапазонының шекараларын кейіннен бағалау үшін көпір құрылымдарының геометриялық дәл аналитикалық үлгілерін құруға мүмкіндік береді. Бұл модель жүйенің ұзақ мерзімді жұмыс істеуі үшін басқарылуы қажет барлық әсерлерді талдауға мүмкіндік береді.

Жүйе сонымен қатар температура, ылғалдылық, жел, радиация, кернеу және іргетастың деформациясына байланысты күштер сияқты әртүрлі факторлардың әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Модельді құру кезінде физикалық объектілердің әрекетін сипаттайтын математикалық модельдерді құру әдістемесін қатаң сақтау керек. Әйтпесе, жасалған модельдің шынайылығы күмәнді болады.

2) Бақылау мақсаттары мен міндеттеріне сәйкес бақылау нүктелерін, өлшем құралдарының түрлері мен санын, негізгі параметрлерін анықтау. Қолданылатын датчиктердің электрлік және термодинамикалық қасиеттерін анықтау үшін ең қолайлы мәліметтерді жинақтау жүйесін тандап, сигналды дайындау және қабылдау жүйесін құру.

3) Түзету және түзету. Бұл процесс барысында құрылғы жұмысының дәлдігі реттеледі. Осы мақсатта алгоритм негізгі қателік көздерін ескереді. Бұл жұмыс кезінде қателер мен қателердің ықтималдығын азайтады.

4) Ақпаратты жинау, синхрондау және интеграцияланған үдерістерді басқару. Жүйе нақты сенсорлық топтардан ақпаратты автоматты түрде және сәйкес бағдарламалық құрал функцияларымен қолмен жинап, қамтамасыз ете алады. Жүйедегі барлық ақпарат кеңістіктік және уақыттық интервалдар мен кең жиілік диапазондары негізінде жинақталады. Кейбір батареямен жұмыс істейтін сенсорлар 15 минут сайын ақпарат алу үшін сымсыз сұрау алады. Сымды арна арқылы сенсорлардан ақпаратты алу кезінде орташа сұрау интервалы минутына бір рет.

Күнтізбелік уақытқа анықтаманы қалыптастыру және әртүрлі гетерогенді деректерді жинау жүйелерінің көрсеткіштерін синхрондау өте күрделі міндет болып табылады. Алынған гетерогенді ақпаратты тиімді және дәл интерпретациялау үшін алынған мәліметтерді синхрондауды қажет ететін нақты уақыт анықтамасы қажет.

5) Жиналған деректердің сапасын, өңделуін және сақталуын қамтамасыз ету. датчиктердің жұмысы далада алынған ақпараттың сенімділігі мен дәлдігіне әсер ететін әртүрлі қателер мен дәлсіздіктерге ұшырауы мүмкін екенін ескеру өте маңызды. Сондықтан қателерді азайту үшін бір уақытта бірнеше сынақтарды орындау және барлық жиналған ақпараттың максималды дәлдігін қамтамасыз ету үшін деректерді салыстыру керек.

Біз деректердің кепілдендірілген сапасын қамтамасыз ету үшін әр кезеңде жұмысты қадағалаймыз: жобалық шешімдердің дәлдігі, далалық және өлшеу

жабдығын орнату, байланыс желілерін жоғары сапалы орнату, деректердің сенімділігі мен қауіпсіздігі. Одан әрі қауіпсіздік бақылау сынағы кезінде барлық сенсорлардың сигналдарын тексеру және бағалау арқылы қамтамасыз етіледі. Жиналған деректерді тексеру және түзету жүйелері мен шарттары болмаса, жиналған ақпарат дұрыс емес нәтижелерге әкелуі мүмкін.

6) Нақты уақыттағы деректерді басқару мүмкін. Бұл атрибуттар денсаулықты бақылау жүйесі үшін өте маңызды, өйткені олар төтенше жағдай орын алған кезде жұмыс тиімділігін анықтайды. Мұндағы ең үлкен мәселе – жиналған ақпаратты пайдаланушыға графикалық форматта беру үшін қажетті өңдеудің барлығы жылдам орындалуы керек. Пайдаланушыларға жақсы, сапалы шешімдер қабылдау үшін жеткілікті уақыт қажет.

Көбінесе алынған ақпаратты бұрын жинақталған мәліметтермен салыстыру қажет. Нақты уақыттағы деректердің артықшылықтарын толығымен пайдалану үшін бұрын жинақталған ақпаратқа жылдам, интерактивті тәсіл қажет.

7) Жүйенің пайдаланушы интерфейсі. Ол көпір құрылымдарын және техникалық жағдайды бақылау жүйелерін пайдалану мен ұстауға жауапты сарапшылар мен операциялық ұйымдар арасындағы өзара әрекеттесу арқылы басқару тиімділігін арттыру үшін сәйкес пайдаланушы интерфейсіне ие.

Бұл интерфейсстің арқасында пайдаланушылар барлық ақпараттық арналарға қол жеткізе алады және кейінгі талдауды жүзеге асыра алады. Ол үздіксіз көпірді бақылау жүйесі иесінің пайдаланушыларына ақпарат пен төтенше жағдайлар хаттамаларын жібере және қабылдай алады, осылайша нысанда орын алған әртүрлі төтенше жағдайларды дер кезінде анықтау және әрекет ету және техникалық қызмет көрсету жұмыстарын шешу үшін.

Жақын арада ақпарат көпір құрылымдарын үздіксіз бақылау жүйелерінде орнатылған датчиктерден ғана емес, сонымен қатар спутниктік, әуе және жерүсті суреттерінен де жинақталады деп күтілуде. Бұл жағдайда ауа-райы, көлік қозғалысының тығыздығы, қозғалыс жағдайы және құрылымның мұндай әсерлерге нақты реакциясы туралы ақпарат талданады.

Бұл жүйелердің интерфейстері тиісті сарапшылар талдау және жалпылау үшін осы ақпаратты графикалық түрде жинақтай алады және көрсете алады, осылайша барлық қолда бар ресурстарды басқарудың максималды тиімділігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, үздіксіз бақылау жүйелерін ірі ақпараттық жүйелерге қосу мамандарға тез арада алған мәліметтерді жинақтап, сапалы және толық талдау жасауға мүмкіндік береді.

Осылайша, көпір құрылымдарының жағдайын үздіксіз бақылау жүйесі келесі маңызды міндеттерді шешуге мүмкіндік береді:

1) Басқару шешімдерін қабылдау үшін нақты уақыт режимінде көпір құрылымдарының жағдайы туралы толық және сенімді ақпарат алу мүмкіндігі;

2) Құрылымдық ақауларды, қалыптан тыс жүктемелерді және тозу мінез-кұлқын уақтылы диагностикалау және болжау арқылы көпірлердің қызмет ету мерзімін арттыру;

3) Жер сілкіністері, дауылдар және жарылыстар сияқты ірі табиғи

апаттардан кейінгі көпірдің қауіпсіздігі мен жағдайын жылдам және сенімді бағалау;

4) Көпір құрылымының жұмысын тиімді басқару мүлкті жоғалту, адам шығыны, авариялар мен төтенше жағдайлар тәуекелдерін барынша азайтуға мүмкіндік береді;

5) Жөндеу жұмыстарының қажеттілігін, уақытын және түрін уақтылы анықтау және жөндеу жұмыстарына шығындарды оңтайландыру. Көпір құрылымдарын ай сайынғы жоспарлы тексеруден сұраныс бойынша жөндеуге ауысу.

Құрылыс және пайдалану кезінде көпірлерді бақылау.

Соңғы жылдары ғылыми-техникалық қамтамасыз етуге және конструкциялардың кернеулі-деформациялық күйлерін (ЖҚК) оларды салу және одан кейінгі пайдалану кезінде бақылауға көп көңіл бөлінуде.

Қозғалыс құрылыстарының техникалық жағдайын бақылау – көпір құрылымдарының кернеулі-деформациялық күйін сипаттайтын параметрлерді ұзақ мерзімді бақылау арқылы құрылыс және пайдалану кезеңінде жағымсыз өзгерістерді ерте анықтау.

Құрылыс кезінде конструкцияның кернеулі-деформациялық күйін бақылаудың мақсаты құрылымның мінез-құлқының жобалық жобалау деректеріне сәйкестігін бағалау болып табылады.

Пайдалану кезеңінде көлік құрылымдарының жағдайын бақылаудың мақсаты тұтынушылардың сипаттамаларын бағалау және оларды басқарудың оңтайлы шараларын әзірлеу болып табылады.

Келесі көпір құрылымдары мониторингті қажет етеді:

- үлкен аралықты көпірлер - бір аралығы 100 м-ден асатын көпірлер;
- Биіктігі 15 м-ден асатын тіректері бар көпірлер;
- Жобалық құжаттамасында келесі мүмкіндіктердің біреуі немесе бірнешеуі көрсетілген көпірлер;
 - стандартты емес есептеу әдістерін қолдану, арнайы есептеу әдістерін әзірлеу немесе физикалық үлгілерді тәжірибелік сынауды қажет ететін құрылымдар мен құрылымдық жүйелерді пайдалану, сондай-ақ сейсмикалық белсенділігі 9 баллдан асатын аумақтарда қолданылатын құрылымдар мен құрылымдық жүйелерді пайдалану;
 - Жертөле тақтасын жоспарланған жер деңгейінен кемінде 10 м төмен қазу (кабельдік және аспалы көпірлердің тіректері);
 - Жаңа материалдармен немесе технологиялармен жасалған тәжірибелік көпірлер;
 - Құрылымдық элементтері қолданыстағы ғимараттардан немесе құрылыстардан 20,0 м қашықтықта орналасқан қала құрылысының тығыздығы жоғары жағдайларда көпірлер;
 - Кеңселері, сауда және ойын-сауық кешендері және т.б. бар көп функциялы көпір. Онда 100-ге жуық адам болады деп болжануда. Нысанда (жаяу жүргіншілер көпірі) немесе 10 000 адамнан астам. Нысанның жанында (қала шегінде);

- Аса қауіпті, техникалық күрделі немесе бірегей объектілерге жатқызылған басқа көпір құрылыстары.

Сондай-ақ МЕМСТ Р 22.1.12 сәйкес. Кейбір жағдайларда көпір құрылымының нақты әрекетін бағалау үшін көпірдің кернеулі-деформациялық жағдайын бақылауды қамтамасыз ету қажет, яғни құрылыс (қайта құру) процесінде көпірдің күйі мен мінез-құлқын ұзақ мерзімді бақылау жүйесін келесі жағдайларда:

- Үлкен және күрделі көпір құрылысы және пайдалану;
- Қосымша кернеулер (күшті реттеу) қолданылатын металл және темірбетон конструкциялары үшін;
- Геологиялық, гидрологиялық, көшкін және сейсмикалық құбылыстардың әсерінен қосымша күштер, деформациялар мен шөгулер болуы мүмкін сыртқы статикалық анықталмаған құрылымдары бар көпірлер үшін;
- Сусымалы, шөгу және температуралық деформацияларға байланысты ұзақ мерзімді процестерде жоғары белгісіздік болуы мүмкін темірбетон конструкциялары үшін (әртүрлі жастағы бетондар, құрама және монолитті конструкциялардың комбинациясы және т.б.).

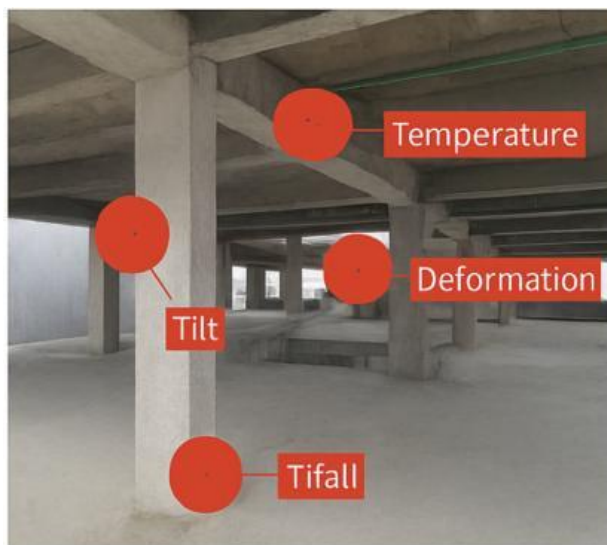
Мониторингтің мақсаты белгілі бір тұтынушылық атрибуттарды анықтайтын факторлардың уақыт бойынша өзгеруін қадағалау, осы өзгерістердің себептері мен тенденцияларын анықтау және құрылымдарға тәуекелдерді анықтау болып табылады.

2 Талшықты оптиканы көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерінде қолдану әдістері

2.1 Талшықты-оптикалық сенсорлар ғимараттар мен көпірлердің денсаулығын бақылауға қалай көмектеседі

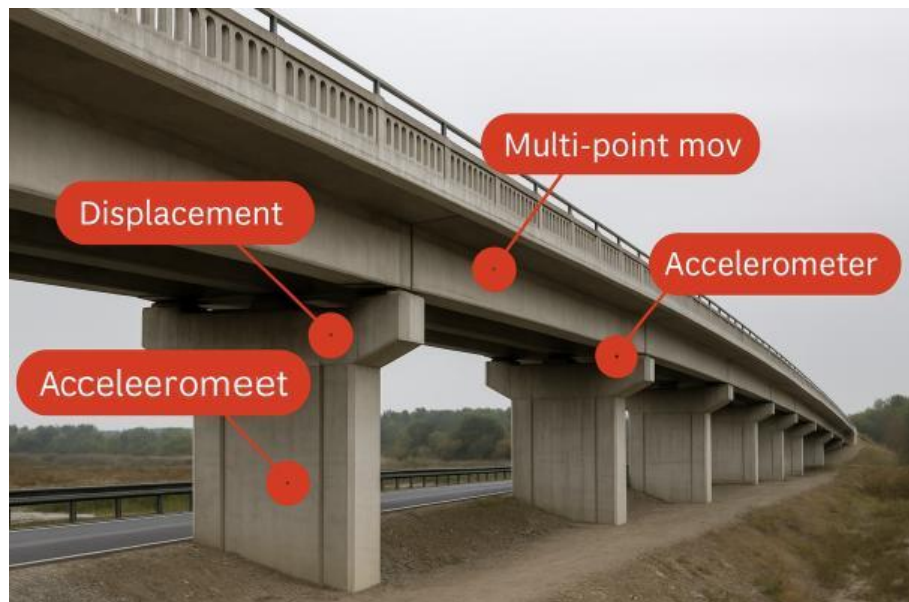
Талшықты-оптикалық сенсорлар-бұл ғимараттар мен көпірлердің "ішкі күйін" бақылайтын ақылды жүйе. Олар бізге құрылымның ішінде не болып жатқанын көрсетуге көмектеседі. Яғни, осы датчиктердің көмегімен біз нақты уақыт режимінде бетонның жарылғанын, қабырғаның бүгілгенін, көпір тірегіне жүктеме тым жоғары екенін білеміз.

Датчиктер құрылымның әртүрлі жерлеріне орнатылады: біреуі бетонның ішінде, біреуі болат Арқалықта, екіншісі температураны бақылау үшін бөлменің ішінде. Бұл сенсорлардың барлығы жарық арқылы жұмыс істейді, яғни олар механикалық өзгерістерді Жарық сигналдарына түрлендіреді және оларды интеррогатор деп аталатын құрылғыға жібереді. Интеррогатор бұл сигналдарды оқиды және оларды арнайы бағдарламада нақты сандар мен графиктерге түрлендіреді. Осылайша, инженерлер мұны тек монитор арқылы бақылайды.



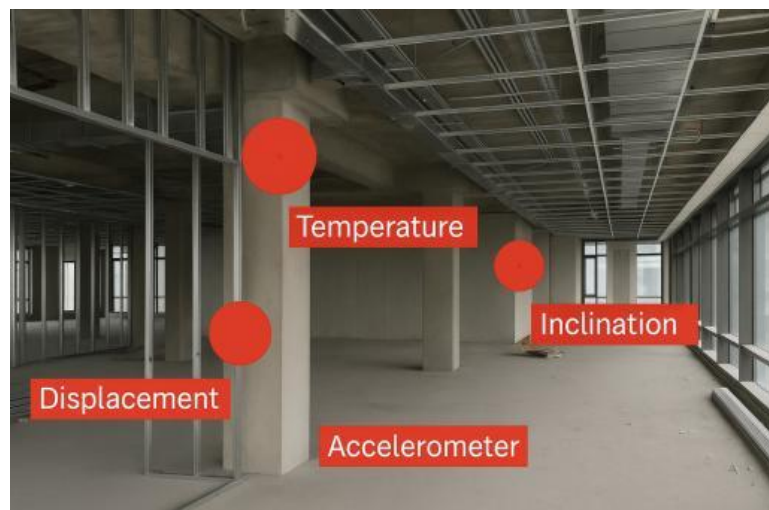
2.1-сурет – FBG сенсорларын қоюлу мысалы

Көпірлерде бұл сенсорлар арқалықтарда, тіректерде және кабельдерде орналасқан. Олар діріл, қозғалыс, температура, иілу сияқты факторларды анықтайды. Мысалы, егер жүк көлігі өтіп кетсе, бір тіректегі кернеу күрт артады-жүйе оны бірден тіркейді. Бұл көпірдің қауіпсіздігін бақылауда үлкен рөл атқарады.



2.2-сурет – FBG сенсорды көпірге қойған кездегі мысалы

Ал ғимараттарда сенсорлар қабырғаларға, бағандарға, плиталарға, кейде тіпті іргетасқа орнатылады. Олар құрылымдағы жарықтардың жоғарылауын, бетондағы қысымның өзгеруін, сыртқы температураның әсерін, желдің ауытқуын бақылайды. Мұндай бақылаумен, мысалы, қабырғадағы жарықтар көзге көрінбейтін кезде, сенсорлар оны тіркейді және жүйе маманға сигнал жібереді.



2.3-сурет – FBG сенсорын құрылым кезінде орану мысалы

Олар әсіресе үлкен, жауапты және ұзақ уақыт жұмыс істейтін нысандарда маңызды: көпірлер, туннельдер, көпқабатты ғимараттар, тарихи ескерткіштер, өндірістік нысандар. Өйткені бұл құрылымдардағы кішкене ақау да ауыр апатқа әкелуі мүмкін. Ал FBG сенсорлары мұны ерте анықтауға және мәселе туындағанға дейін алдын алуға мүмкіндік береді.

2.2 Көп қабатты құрылымдарына арналған талшықты-оптикалық бақылау жүйесі

Көпқабатты үйлер-бұл жай ғана бетон мен металдан жасалған үлкен құрылымдар емес. Бұл көптеген факторлардың әсерін үнемі сезінетін күрделі, тірі организмдер деп айтуға болады. Жел, күн сәулесі, температураның өзгеруі, сейсмикалық белсенділік, адамдардың қозғалысы, уақыт өте келе бұл дизайнның қажетсіз өзгеруіне әкелуі мүмкін. Сондықтан мұндай ғимараттарды үздіксіз бақылау олардың қауіпсіздігі мен беріктігін қамтамасыз етудің негізгі аспектісі болып табылады.

Мониторинг жүйесі не үшін қажет?

Көп қабатты ғимараттарда, сондай-ақ іскерлік кешендерде, тірек құрылымдарында, тіректерде немесе арқалықтарда, деформациялар пайда болуы мүмкін, оларды бір қарағанда байқау қиын. Мұндай өзгерістерді уақтылы анықтау үшін ауытқуларды ерте кезеңдерде анықтауға мүмкіндік беретін техникалық жағдайды бақылау жүйесі (SHM) қажет. SHM-бұл құрылым құрылымының механикалық параметрлерін үздіксіз бақылауды қамтамасыз ететін технологиялық кешен.

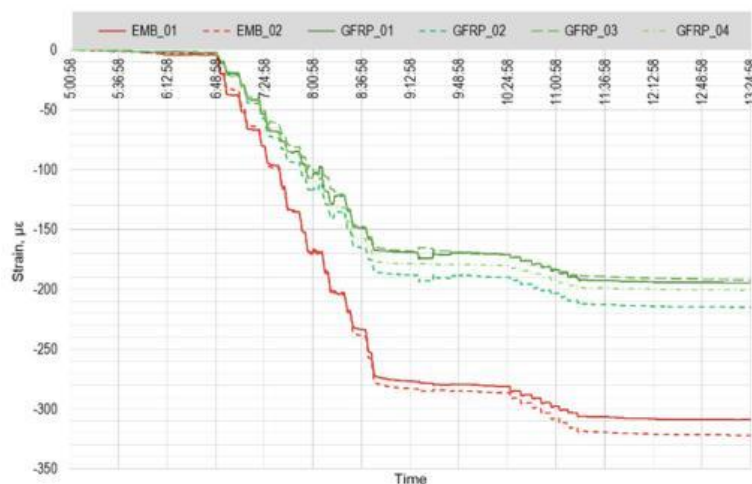
FBG (Fiber Bragg Grating) немесе Bragg талшықты торы – лазерлік жазу арқылы оптикалық талшыққа енгізілген арнайы құрылым. Ол белгілі бір толқын ұзындығындағы жарықты шағылыстыру функциясын орындайды. Механикалық деформациялардың немесе температураның өзгеруінің әсерінен құрылымның өзінде шағылысқан толқын ұзындығы. Бұл өзгеріс деп аталатын құрылғымен бекітіледі интеррогатор, оны белгілі бір физикалық өлшемге түрлендіреді.

Көп қабатты құрылымдарда осы технологияны қолдану келесі факторларға байланысты жоғары тиімділікке ие:

- Ол нақты уақыт режимінде жұмыс істейді (тәулік бойы);
- Датчиктер құрылымның ішіне орнатылады (бетінде емес!);
- Олар бар электрлік тәуелсіздік және нәтижесінде қауіпсіздік.

Орташа қызмет мерзімі - 15-20 жыл, техникалық қызмет көрсетуді қажет етпейді.

Барлық датчиктер 2017 жылдың қазан айының соңында көпір құрылымына бекітілді. Осыдан кейін көпір бетондалып, 31 Қазанда кернеудің алғашқы мониторингі жүргізілді. Ұсынылған 6-ші суретте негізгі кернеу кезеңі және кейінгі тұрақтандырудан кейінгі қосымша кернеу көрсетілген. FBG сенсорлары, әдетте, бейтарап оське қатысты әртүрлі орналасуына байланысты GFRP сенсорларына қарағанда үлкен мәндерді бекітеді: FBG сенсорлары көлденең қиманың төменгі жиегіне жақын, ал GFRP сенсорлары бейтарап оське жақын. Бұл айырмашылық алынған көрсеткіштердің өзгеруіне әкеледі. Барлық датчиктер алдын-ала кернеудің екі сатысын да, жеке сатыларын да дұрыс бекітті.



(a)



(b)

2.4-сурет – FBG және GFRP сенсорларын орнатудың айырмашылығы мен негізгі сипаттамалары көрсетілген.

2.4 - суретте көпір құрылымына алдын ала кернеуді қолдану кезінде алынған деформацияларды өлшеу нәтижелері келтірілген.

А суретінде:

- Қызыл сызықтар бетонға біріктірілген FBG сенсорларынан алынған деректерді көрсетеді;
- Жасыл түс GFRP сенсорлық массивінің төрт нүктесін білдіреді;
- График алдын-ала кернеудің негізгі кезеңінің, сондай-ақ қосымша кернеудің келесі кезеңдерінің айқын көрінісін көрсетеді.

Б суретінде:

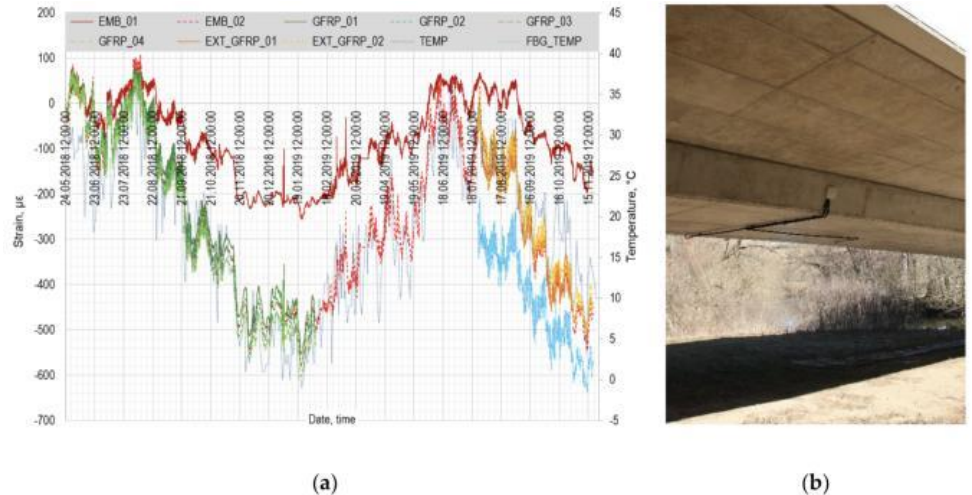
- Оптикалық талшық ағаш қалыптың ішкі бетінен еркін ілінеді, бұл орнату процесінің бір бөлігін көрсетеді;
- Бұл конфигурация бетон құю кезінде датчиктердің зақымдалуын болдырмау үшін қарастырылған.

Алдын ала кернеу берілгеннен кейін, құрылыс жұмыстарына кедергі келтірмеу үшін бақылау жүйесі уақытша сөндіріліп, бөлшектелді. Алты оптикалық кабель (әр FBG сенсоры мен GFRP массиві үшін 2) Бетон құрылымына ашық түрде ілулі болды.

Ауыр техниканы қолдана отырып, қалыптарды алып тастау және жер жұмыстары кезінде 6 коннектордың бесеуі зақымдалды. Төмен температура (0°C-тан төмен) және қар жауғандықтан, оптикалық талшықты қайта біріктіру мүмкін болмады, сондықтан жөндеу тек 2018 жылдың мамырында жүргізілді. 2018 жылдың 24 мамырында көпірдің ұзақ мерзімді мониторингі басталды. Барлық қосқыштар жөнделіп, датчиктер қайта қосылды. Датчиктердің кабельдері шағын коммутациялық шкафқа жиналды (суретті қараңыз. 10B), содан кейін ол FBGuard 1550 интеррогаторына (қашықтағы ғимаратта бірнеше жүз метр қашықтықта орналасқан) жерасты брондалған кабелі арқылы қосылды.

Сурет 2.5 дегі график:

- Бетонның ішіндегі FBG сенсорлары қызыл түспен көрсетілген;
- Жасыл-gfrp сенсорлары массивінің нүктелері;
- Көк нүктелі сызық орташа тәуліктік температураны көрсетеді (Чехия гидрометеорологиялық институтының мәліметтері).



2.5-сурет – бір жарым жыл ішінде алынған көпір құрылымын үздіксіз бақылау деректері және жүйе орнатылған сәттер көрсетілген

А суретінде:

- Қызыл сызықтар-бетонға біріктірілген FBG сенсорларын өлшеу;
- Жасыл түс-GFRP сенсорларының ішкі массивінің 4 өлшеу нүктесінен алынған мәліметтер;
- Сары түстер-gfrp сенсорларының сыртқы массивінен алынған ақпарат;
- Көк сызықтар-орташа күнделікті метеодеректерден алынған температура тұрақтылары.

Бұл диаграмма жүйенің жоғары тұрақтылығын көрсетеді, сонымен қатар барлық сенсорлар мен массивтердің көрсеткіштерінің температураның өзгеруімен тығыз байланысын көрсетеді.

Б суретінде:

- Оған қосылған қорғаныс түтіктерінде оптам оптикалық коммутациялық шкаф пен оптикалық кабельдер бейнеленген;
- Бұл жүйе көпір құрылымына тікелей орнатылады және барлық датчиктерден орталық интеррогаторға деректерді беруді қамтамасыз етеді.

Нәтижелер:

- FBG 02 сенсоры мен GFRP массиві температурамен жақсы корреляцияны көрсетті;
- FBG сенсоры 01 ұқсас тенденцияны көрсетті, мәндер ішіндегі өндірістік ақауға байланысты айтарлықтай төмен болды.

Кесте 2.1 - SWOT талдау

Күшті жағы	Әлсіз жағы
1. Жоғары дәлдік – Талшықты-оптикалық сенсорлар құрылымдағы кез келген деформацияны немесе өзгерісті микродеңгейде анықтай алады. Бұл деректер ғимараттың қауіпсіздігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. 2. Ұзақ қызмет мерзімі – Бұл жүйелер 20 жылдан астам уақыт бойы үздіксіз жұмыс істей алады, сонымен қатар техникалық қызмет көрсету сирек қажет. 3. Электромагниттік кедергілерге төзімділік – Талшықты-оптикалық сенсорлар радиожіілік пен электромагниттік өрістердің әсерінен қорғалған, бұл олардың тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді. 4. Мәліметтерді жинау және өңдеу үшін арнайы орталықтандырылған жүйелер мен бұлттық платформалар қолданылады. Бұл құрылымның жағдайын кез келген жерден қадағалауға мүмкіндік береді. Қауіпсіздік – Ерте дабыл беру мүмкіндігі арқылы ғимараттағы кез келген ақауларды дер кезінде анықтап, апаттардың алдын алады.	1. Жоғары бастапқы құн – Талшықты-оптикалық жүйелердің құны бастапқы кезеңде жоғары болуы мүмкін, бұл кейбір құрылыс жобалары үшін қаржылық кедергі болуы ықтимал. 2. Орнату күрделілігі – Бұл жүйені орнату кезінде жоғары біліктілікті талап ететін мамандар қажет. Жүйені дұрыс орнатпау оның тиімділігіне әсер етуі мүмкін. 3. Жүйенің техникалық ақаулары – Оптикалық талшықтардың зақымдануы немесе қате байланыстар мәліметтердің жоғалуына немесе қателіктерге әкелуі мүмкін. 4. Интеграция мәселелері – Жүйені басқа бақылау және басқару жүйелерімен біріктіруде техникалық қиындықтар болуы мүмкін, әсіресе ескі ғимараттарда.
Мүмкіндіктер	Қауіптер
1. Құрылыс индустриясының цифрлануы – Қазіргі таңда құрылыс саласында цифрландыру және автоматтандыру үрдісі қарқынды дамып келеді. Талшықты-оптикалық бақылау жүйелері «ақылды ғимараттар» мен «ақылды қала» тұжырымдамаларымен интеграциялануы мүмкін.	1. Технологияның күрделілігі – Бұл технологияның күрделілігі және жоғары техникалық талаптары жаңа пайдаланушылар мен құрылыс компаниялары үшін қиындық тудыруы мүмкін.

2. Жаңа нарықтар – Бұл технология құрылыс саласынан басқа да салаларда (мысалы, энергетика, көлік инфрақұрылымы) кеңінен қолданылуы мүмкін, бұл жаңа нарықтарды игеруге мүмкіндік береді. 3. Қоршаған ортаға бейімделу – Құрылымдық мониторинг жүйелерінің экологиялық жағынан тиімділігі артып келеді, өйткені олар табиғи апаттардың алдын алу және ғимараттардың ұзақ мерзімді қызмет етуін қамтамасыз етеді. 4. Инновациялық даму – Талшықты-оптикалық технологиялар мен жаңа материалдар саласындағы жетістіктер жүйелердің тиімділігін арттыруға және олардың қолжетімділігін жақсартуға мүмкіндік береді.	2. Бәсекелестік – Талшықты-оптикалық бақылау жүйелерімен бәсекелес басқа құрылымдық мониторинг жүйелерінің дамуы мүмкін, мысалы, сымсыз сенсорлық жүйелер мен радиожилік идентификациясы (RFID). 3. Құқықтық және реттеу мәселелері – Құрылыс саласындағы нормативті құжаттар мен заңнамалар бұл технологияның қолданылуына қатысты шектеулерді немесе жаңа талаптарды енгізуі мүмкін. 4. Құрылымдардың өзгеруі – Жаңа технологиялардың енгізілуі кейбір құрылымдардың қайта жобалануын немесе жаңартылуын талап етуі мүмкін, бұл қосымша шығындарға әкеледі.
---	--

SWOT талдауы арқылы талшықты-оптикалық құрылымдық бақылау жүйесінің артықшылықтары мен кемшіліктері, мүмкіндіктері мен қауіпі айқындалды. Бұл технология қазіргі уақытта көп қабатты ғимараттарда, сондай-ақ басқа да құрылыс объектілерінде маңызды рөл атқарады, алайда оның толық тиімділігін қамтамасыз ету үшін бастапқы инвестициялар мен жоғары біліктілікті талап ететін мамандар қажет. Сонымен қатар, технологияның болашағы зор, және ол құрылыс саласындағы қауіпсіздік деңгейін елеулі түрде арттыруы мүмкін.

3 Талшықты-оптикалық бақылау жүйелерінің ұзақ мерзімді экономикалық және қауіпсіздік тұрғысынан артықшылықтарын бағалау

3.1 Талшықты -оптикалық датчиктердің түрлері, және олардың қолдану принциптері



3.1-сурет – FBG датчиктері мен Сенсорлары

Brainy-Bolt – «Ақылды-болт», оған орнатылған FBG сенсоры басқа болт пен қосылымында кернеуді өлшеуге арналған. Жалпы бұл стандарт болт, ішінде FBG сенсоры бар. Ол сенсор практикада қалай қолданылады:

- Brainy-Bolt сенсорың біз тек маңызды жерлерде ғана қолданамыз (көпір, мұнара, көп қабатты үйлерде, көпірлен және т.б.);
- Ол кәдімгі болттың орнына салына отырып, FBG сенсоры бар арнайы талшық оптикасы интеррогаторға қосылады.

Brainy-Bolt-тың жұмыс істеу принципі:

- Конструкцияларға салмақ түскенде біздің «Ақылды-болт» - созылады немесе қысылады;
- Осының барлығын «Ақылды-болт» сенсоры өзгерістерді жарықтың шығылу толқын ұзындығы арқылы анықтайды;
- Сол сигналды алып «Ақылды-болт» сенсоры кернеудің нақты мәнін есептеп шығарып береді.

Brainy-Bolt-тың орташа бағасы шамамен 200-300\$ құрайды.



3.2-сурет – Brainy-Bolt – «Ақылды-болт»

Temperature – температураны өлшейтін FBG сенсоры. Бұл сенсор температурның өзгерісіне өте қатты сезімтал болып келетін талшықты-оптикалық сенсор болып саналады. Температураның өзгерісіне байланысты толқынының шағылу ұзындығы өзгереді. Осы өзгеріске қарай температураның нақты градусы есептеледі. Сенсорды біз бетондық құрылымда, көпірлерде, көп қабатты үйлерде, жерасты немесе ашық ортада қолданамыз. Осы сенсорды практика жөнінде қалай қолданамыз:

- Температураны өлшейтін FBG сенсорды біз бетондық құрылымдарда қолданамыз, осы сенсорды Brainy-Bolt – «Ақылды-болт» пен бірге жұмыс жасай алады(бірге қосуға болады);
- Сенсорды арнайы желімен жабыстырады немесе қорғаныс түтікпен бірге салынады;
- Температураны өлшейтін сенсор интеррогатор құрылғысына қосады.

Жұмыс жасау процессі;

- Температура өзгерген сайын FBG сенсоры, жарықтың шағылу толқының өзгертіп отырады;
- Осы берілген сигналдарды алу арқылы, қазіргі уақытта тіркеліп, температурасы мәндері автоматты түрде өзгертіліп тұрып жүйеге жіберіледі.

Temperature – температураны өлшейтін FBG сенсоры шамамен 150\$ баға құрайды, егер интеррогатор мен алатын болсақ, шамамен 6000\$ баға құрайды.



3.3-сурет – Temperature – температураны өлшейтін FBG сенсоры.

Spot-welded – конструкция бетіне дәнектер арқылы бекітілген FBG сенсор. Бұл сенсор құрылымның бетінде болып жатқан діріл, қысым, кернеулерді, деформация сияқты параметрлерді нақты уақыт режимінде өлшейді. Сенсорды біз жалпы қалай орнатамыз және қалай жұмыс жасайды?

Орнату:

- Сенсор жалпы құрылымның механикалық жағынан мықты болып, жақсы байланыс орнатады. Мықты байланыс орнатуы ол маңызды, өйткені сенсор құрылым мен бірге дірілді сезу қажет;
- Оптикалық талшық арқылы интеррогаторға (сигнал талдаушы құрылғы) қосылады.

Жұмыс істеуі:

- Көпқабатты үйлерде немесе көпірлерде діріл болған кезде, бұл әсер тікелей сенсор сезеді;
- Spot-welded ішіндегі FBG сенсоры, шағылу толқын ұзындығын өзгеруі арқылы осы әсерді тіркейді.

Осы сенсорды біз көпқабатты үйлерде, офистарда және т.б. жерлерде қолдансақ болады. Қолданыс кездегі артықшылығы, олар:

1. Өте мықты орнатылады;
2. Берілген ақпарат жоғары дәлдікте алынады;
3. Ұзақмерзімде қолданылады, шамамен 15-20 жылға жетеді;
4. Кішкентай және компактты болып келеді, үлкен құрылғылар қажет етпейді.

Spot-welded сенсорлы датчиктің шамамен бағасы 200\$ баға тұрады.

Epoxyed FBG сенсорлі датчигі ол Spot-welded датчигі мен бірге қосып жұмыс жасайды. Жалпы келгенде екеулері бірге эпоксид желімі жағылып сенсордың астында қосылады.

Epoxyed FBG сенсорінің шамамен бағасы 180-220\$ баға құрайды.

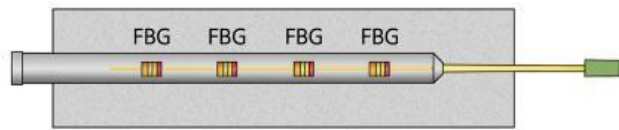
Multi-point movement, embedded – Бір емес, бірнеше нүктеде қозғалатын сигналдарды өлшейтін өндірілген датчик, сенсор. Бұл сенсор бір оптикалық талшық бойымен бірнеше FBG сенсорлары тізбектей орнатылған бір құрылымынның ішінде (мысалы, бетон алсақ болады) ішінде салынған сенсордың бір түрі болып саналады. Бұл сенсор, осы мысал ретінде алған бетон бойындағы діріл, әр түрлі қозғалыстарды, кернеуін, температура өзгерістерін бір уақытта өлшеп отыратын мүмкіндігі бар. Осы датчиктің, сенсордың жұмыс істеу принципі, осы мульти сенсорды, біз бетон ішінде немесе жер астында салынып құрылымдағы деформацияны, ығысу, қозғалысты, температураның өзгерістерін әрбір нүктеде бақылап отырады. Бір талшықта, бір FBG сенсорының 5, 10, 20 торылық нүкте болады.

Multi-point movement, embedded сенсорының артықшылықтары ол:

- Осы бір сенсордың өзін қосып арқылы, біз бірнеше сенсорды ауыстыра аламыз;
- Сенсор жоғары дәлдік бере отырып, әр бір нүктеде жеке өлшеу береді;
- Ұзақ мерзім жұмыс істейді. Шамамен 10 – 25 жыл;
- Толықтай автоматтандырылған. Адамның керегі жоқ.

Multi-point movement, embedded сенсоры үлкен құрылымдарда мониторинг жасауға тиімді болып келеді. Бағасы қымбат болғанымен, бір уақытта бірнеше нүктеде мониторинг жүргізуге болады. Сенсордың бағасы шамамен 1500-200\$ баға құрайды.

Multi-point movement, embedded



3.4-сурет – Multi-point movement, embedded сенсорының схемасы

Displacement for crack detection Displacement for crack detection Displacement for crack detection – Бұл сенсор бетондағы кішкене сынықтарды және бетонның мықтылығын бақылап отыратын сенсор болады. Бұл сенсор аты айтып тұрғандай, құрылымдағы “трещинаның” пайда болуын және оның кенеуін бақылап отыратын FBG сенсор болып саналады. Бұл сенсор екі нүкте ортасындағы жылжуды есептейді. Жұмыс жасау және орнату принципі:

- Бұл сенсор “трещина” шығып қалауы мүмкін жерге орнатылады, мысалы: бетонды құрылымда, кабырғаларға және көпірлерде;
- Сенсор екі нүктеде қондырылады, “трещина” үлкенген сайын екі нүктенің ортасы үлкейе бастайды.

Жұмыс жасау принципі:

- Сенсор екі нүктеде қондырылады, “трещина” үлкенген сайын екі нүктенің ортасы үлкейе бастайды;
- Сенсор бұл қозғалысты микрон деңгейінде тіркейді.

Бұл сенсор қауыптын алдын алу үшін таптырмас құрал, өйткені сенсор «трещиналарды» микрон деңгейінде өлшейді – 0.01мм дейін. Бағасы шамамен 250-400\$ құрайды.



3.5-сурет – Displacement for crack detection, трещиналарды анықтау және бақылауға арналған сенсор

Inclination – бұл сенсор құрылымның, конструкцияның «наклонын» өлшейтін FBG сенсорлық құрал болып саналады. Ол құрылымның, конструкцияның бір тік қалыпты бұрышта, градуспен өлшейді, өте жоғары дәлдікте. Сенсор жоғарғы жазып кеткендай FBG сенсорлары сияқты орнатылады:

- Сенсор қабырғаларда, бұрыштарда, баспалдақтың құрылымдық бетінде орнатылады;
- Барлық FBG сенсорлары секілді интеррогаторға қосылады;
- Көлбенесінен немесе тік бағытта бекітіледі.

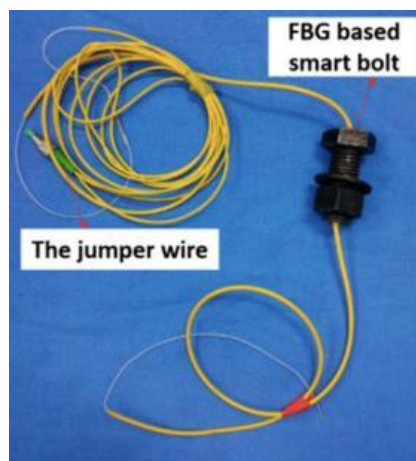
Жұмыс жасау принципі:

- Құрылымда, конструкцияда немесе қандай да бір бетонда қисық немесе қозғалыс болса, сенсор ішіндегі FBG талшығында оптикалық деформация пайда болады;
- Бұл жарық толқынның шағылу ұзындығын анықтайды.



3.6-сурет – Inclination - «наклонын» өлшейтін FBG сенсорлық құрал

Bolt-on – Бұл зат арқылы біз, әр түрлі FBG сенсорлады болтын ішіне кіргізе отырып керекті жерге қондырамыз



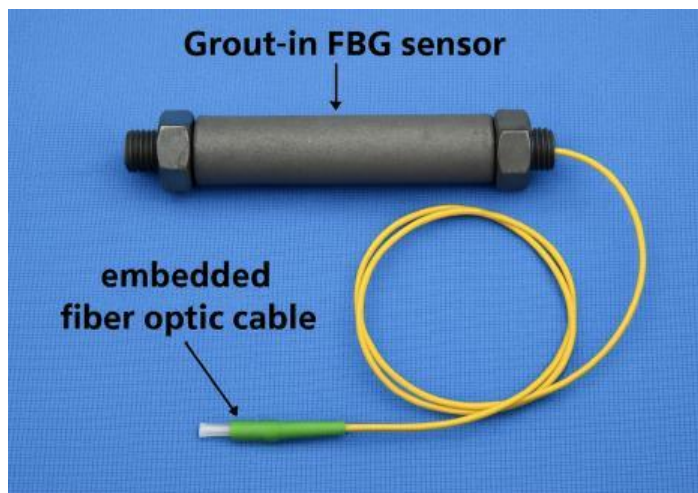
3.7-сурет – Bolt-on, ақылды болт

Surface mount беткі қабатқа ортанылатын FBG сенсоры оптогалшықты құрылымның(бетон, қабырға, металл және т.б.) сыртына бекітіледі. Сенсор конструкция да болып жатқан кернеуді, дірілді және деформацияларды дәл сол уақытта өлшейді.



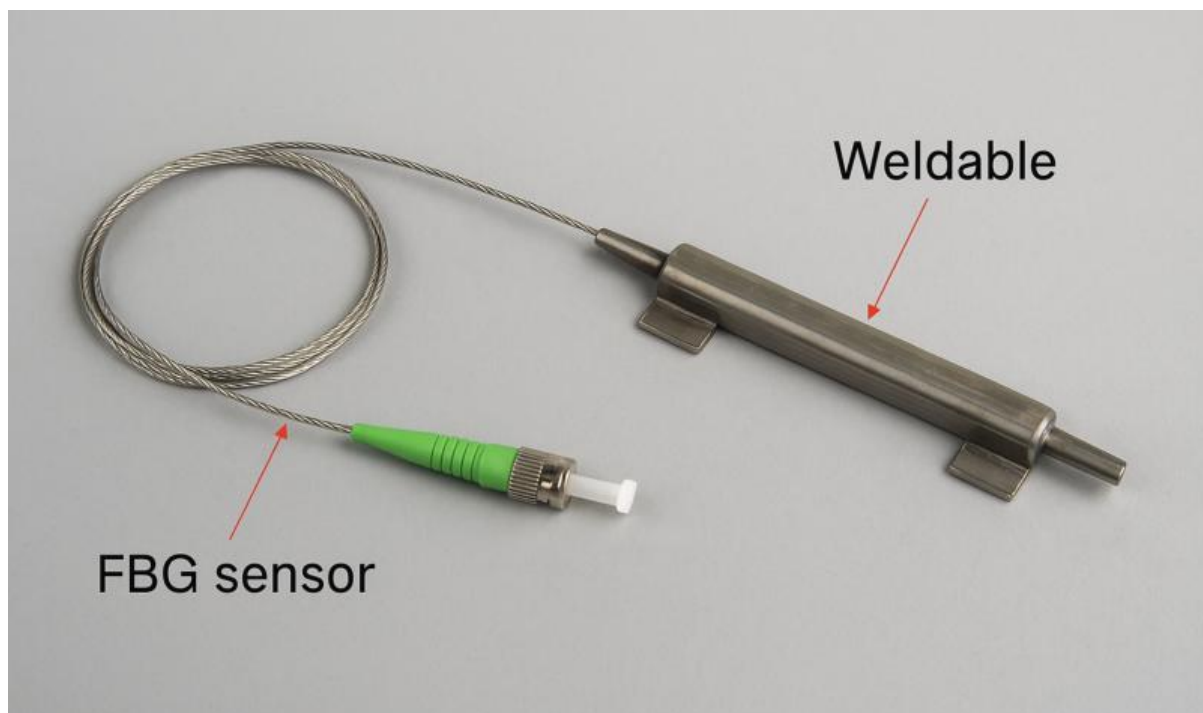
3.8-сурет – Surface – беткі қабатта орнатылатын FBG сенсоры

Grout-in – бетон ішінде болатын сенсор. Бұл FBG сенсорды, біз көпқабатты үйлердің, көпірлердің құрылыс барысында бетон араласпасында саламып қондырамыз. Ол бетон немесе тас құрылымын ішкі кернеуін, деформациясын ұзақ мерзімде бақылап отырады.



3.9-сурет – Grout-in – бетон ішінде жұмыс жасайтын сеноср

Weldable – темір, металл деген сияқты заттарға арналған датчик, сенсор. Бұл зат металл конструкцияларға тікілей «Сваркелеу» арқылы талшықты-оптикалық FBG сенсор, датчик болып саналады.



3.10-сурет – Weldable металл конструкцияға арналған FBG сенсор

Concrete embedded – Бұл бетон құйылып жатқан кезде осы сенсорыды бірге салып жібереді, бірақ ол FBG Grout-in сенсоры сияқты бетонның тап ішінде болмайды, бұл Concrete embedded сенсоры, бетонның ішінде арматураның жаныда бекітіліп қосылады. Сондықтан бұл құрал үйдін бүкіл дірілңн көрсетіп отырады.



3.11-сурет – Concrete embedded FBG сенсоры практика кезіндегі сурет

3.2 Multimode, single-mode талшықтары



3.12-сурет – Талшықты-оптикалық кабельдердің үш түрі

Кесте 3.1- Салыстырмалы кесте

Қасиет	Көпмодалы	Бірмодалы
Өзек диаметрі	50-62.5 мкм	8-10 мкм
Жарық таралуы	Бірнеше мода	Бір ғана мода
Қашықтық	Қысқа 500 м	Ұзақ 10-100 км
Сигнал дәлдігі	Отраша	Өте жоғары
Бағасы	Арзан	Қымбат
Орнату жеңілдігі	Жеңіл	Күрделі
Fbg-ға сайлығы	Шектеулі	Толығық сай

Multimode(көпмодалы) – Бұл талшықтың ішінде бір мезгілде бір неше жарық тарала алса, онда біз оны көп модалы деп айтамыз. Көп модалы оптокабельдің диаметрі 50 – 62.5 микрометр болады.

Артықшылығы:

- Өте қысқа қашықтықта жұмыс жасайды, шамамен 50 -500 метр тиімді жұмыс жасайды;
- Көпмодалы болғандықтан, жіберілетін сигнал мықты болып келеді.

Кемшілігі:

- Жіберілетін жерге жеткенше дейін, сигналдық бұзылу ықтималдығы жоғарлайды;
- Жоғары дәлдік болған жағдайда жарамсыз.

Single-mode(бірмодалы) – Бұл талшықтың ішінде бір бағытта, бір ғана жарық тарайды. Бірмодалы талшықтың диаметрі 8-10 микрометр болады.

Артықшылығы:

- Ұзақ қашықтықта сигналды бұзбай жеткізеді, шамамен 10-100 км;
- Өте жоғары дәлдік;

- FBG сенсоры мен бірге қолдануға болады.

Кемшілігі:

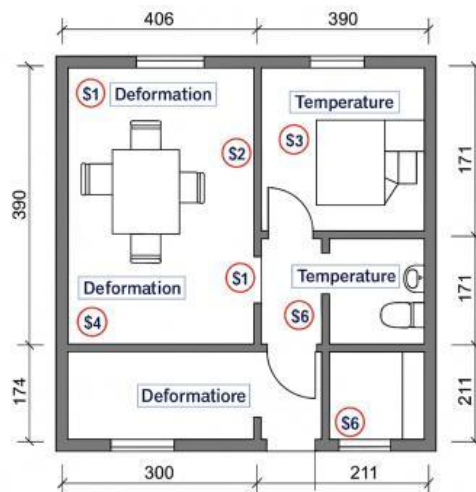
- Орнатуы қиын және қымбат;
- Жарық көзі мен интеррогатор арнайы болуы тиіс.

3.3 Сызба арқылы көрсетіліп және бағасы есептелген FBG сенсорлары

Қазіргі уақытта осы FBG сенсорларды біздің құрылыс мамандары көп қоладана бермейді өйткені:

- Бағасы өте қатты қымбат болып келеді
- Қосатын және білікті мамандар өте аз, бар болса қызметтері қымбат

Қазір біз сызба жасау арқылы осы FBG сенсорлардың қондырулы және бағасы қанша болатынын есептейміз.



3.13-сурет – Кеңсе бөлмесінің құрылымдық сызбасы (сенсорлар орналасуымен)

Кесте 3.2 – Орнатылған FBG сенсорының бағасы

Сенсор түрі	саны	Сенсор құны	Орнату құны	Жалпы
Temperature	1	150\$	80\$	230\$
deformation	2	400\$	160\$	560\$
Tilt	1	250\$	80\$	330\$
Vibration	1	300\$	80\$	380\$

Жалпы шығынның бағасы интеррогаор мен бірге есептегенде 7000\$. Бұл бағалар жалпылама ретінде әлеуметтік желіден алынған болады. Нағыз бағасын білу үшін, нақты жабдық жеткізушілерден білу қажет.

ҚОРЫТЫНДЫ

Талшықты-оптикалық технологиялар көпірлер мен көпқабатты ғимараттардың құрылымдық бақылау жүйелерінде пайдаланылуы арқылы заманауи құрылыс индустриясына маңызды өзгерістер әкелуде. Бұл технологиялар құрылымдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету, мерзімінен бұрын ақауларды анықтау және құрылыс элементтерінің ұзақ мерзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Талшықты-оптикалық сенсорлар ғимараттар мен көпірлердің жағдайын нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді. Олардың жоғары дәлдігі, ұзақ мерзімді қызмет етуі және электромагниттік кедергілерге төзімділігі жүйенің сенімділігін қамтамасыз етеді. Бұл жүйелер арқылы ғимараттардағы немесе көпірлердегі кез келген құрылымдық ауытқулар ерте кезеңде анықталып, апаттардың алдын алу мүмкіндігі туындайды.

Құрылымдық мониторинг жүйелері ғимараттардың қауіпсіздігін ғана емес, сондай-ақ олардың қызмет ету мерзімін де арттырады. Талшықты-оптикалық технологиялар арқылы жиналған деректер ғимаратты басқарудың тиімділігін арттырып, жөндеу жұмыстарын уақытында жүргізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл жүйелер ақылды қала және ақылды ғимараттар концепциясына интеграциялануы арқылы құрылыс саласын цифрландыруға үлкен үлес қосады.

Дегенмен, талшықты-оптикалық бақылау жүйелерінің қолданылуы жоғары бастапқы құнды талап етеді және техникалық орнату мен интеграция үдерістері кейбір қиындықтарды туындатуы мүмкін. Сонымен қатар, жүйелердің тиімділігі мен жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін арнайы дайындықты талап ететін мамандар қажет.

Артықшылықтары:

Нақты уақыт режимінде бақылау: Талшықты-оптикалық жүйелердің басты артықшылығы - олар құрылымның күйін нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді. Әрбір деформация, кернеу немесе температуралық өзгерістер сенсорлар арқылы тіркеліп, жүйе автоматты түрде ескерту береді. Бұл ерте кезеңде мәселелерді анықтап, құрылымдық ақаулардың алдын алу үшін уақытылы шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.

Жоғары дәлдік пен сенімділік: Талшықты-оптикалық сенсорлар микрометрлік және миллиметрлік дәлдікпен құрылымдардың қозғалысын немесе өзгерістерін анықтай алады. Бұлар жиі қолданылатын датчиктермен салыстырғанда өте жоғары дәлдік пен сенімділікті қамтамасыз етеді.

Ұзақмерзімділік: Бұл жүйелердің қызмет ету мерзімі 20 жылдан астам уақытқа созылуы мүмкін, бұл оларды ұзақ мерзім бойы тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Сенсорлар жоғары температурада, ылғалдылықта және қоршаған ортаның қатал жағдайларында да сенімді жұмыс істейді.

Коррозияға және электромагниттік кедергілерге төзімділік: Талшықты-оптикалық сенсорлар электрлік сигналдарды қолданбай жұмыс істейді, сондықтан олар сыртқы электромагниттік өрістерден, коррозиядан және басқа да

физикалық зиянкестерден әсер етпейді. Бұл ғимараттардың сыртқы ортаға тәуелсіз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Экономикалық тиімділік: Алғашқы орнату шығындары жоғары болғанымен, бұл жүйе ұзақ мерзімді перспективада үнемді болып табылады. Қажетті жөндеу немесе бақылау жұмыстары азаяды, өйткені барлық маңызды параметрлер тұрақты түрде бақыланып, ерте кезеңде ақаулар анықталады.

Қолдану салалары:

Құрылымдық қауіпсіздікті қамтамасыз ету - талшықты-оптикалық сенсорлар көпірлер мен көпқабатты ғимараттардың құрылымдық қауіпсіздігін бақылауда маңызды рөл атқарады. Олар ғимараттың барлық негізгі бөліктеріне (бетон, болат конструкциялар, тіректер және т.б.) орнатылып, кез келген құрылымдық өзгерістерді нақты анықтай алады. Бұл әсіресе апаттық жағдайлардың алдын алу үшін маңызды. Құрылымдық мониторинг және диагностика: Талшықты-оптикалық жүйе құрылымдардағы кез келген ақаулар мен өзгерістерді бақылай отырып, құрылымдық мониторинг қызметін атқарады. Бұл жүйе ғимараттар мен көпірлердегі құрылымдық ақауларды ерте кезеңде анықтауға мүмкіндік береді, нәтижесінде жөндеу жұмыстарына кететін уақыт пен шығындарды едәуір азайтуға болады.

Ақылды ғимараттар мен «ақылды қала» жүйелерінде: Талшықты-оптикалық бақылау жүйелері ақылды ғимараттар мен ақылды қала жүйелерінің негізгі құрамдас бөлігіне айналады. Бұл жүйелер құрылымдық бақылауды автоматты түрде жүргізу, деректерді жинау және талдау арқылы ғимараттың жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, олар жергілікті деңгейде авариялық жағдайларға дереу жауап беруге көмектеседі.

Болашақтағы даму және мүмкіндіктер:

Жаңа нарықтарды игеру: Талшықты-оптикалық жүйелердің дамуымен бірге оларды жолдар, көпірлер, туннельдер, су қоймалары, тіпті жер асты құбырлары сияқты басқа да маңызды инфрақұрылымдық объектілерде қолдану мүмкіндіктері артып келеді. Бұл өз кезегінде технологияның қолданылу аясын кеңейтеді.

Сенсорлық технологиялардың жетілдірілуі: Болашақта талшықты-оптикалық сенсорлар мен жүйелердің сенсорлық мүмкіндіктері жетілдіріледі, мысалы, деформацияны тексерумен қатар құрылымның басқа да параметрлерін (ылғалдық, сейсмикалық белсенділік және т.б.) бақылау мүмкіндігі қосылуы мүмкін. Бұл ғимараттар мен көпірлердің қауіпсіздігі мен сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Құрылыс саласындағы цифрландырудың артуы: Құрылыс саласындағы цифрлық трансформация мен автоматтандыру үрдісі бұл технологияның одан әрі дамуына ықпал етеді. Талшықты-оптикалық сенсорларды қолдану арқылы барлық құрылымдық мониторинг жүйелері деректерді жинап, өңдеп, талдап, қолданушыларға нақты уақыт режимінде ақпарат бере алады.

Қоршаған ортаны қорғау:

Бұл технологиялар қоршаған ортаның әсерлеріне төзімді болғандықтан, қоршаған ортаға зиян келтірмей тиімді жұмыс істейді. Құрылыс объектілерін

басқару жүйелерін бақылаудың экологиялық таза тәсілі ретінде қолдану табиғатты сақтау мәселелерін шешуге ықпал етеді.

Көпірлер мен көпқабатты ғимараттардағы құрылымдық бақылау жүйелерінде талшықты-оптикалық технологияларды қолдану құрылыс саласында қауіпсіздікті арттыруға, жөндеу жұмыстарын уақытында жүргізуге және құрылымдардың ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Жүйенің дәлдігі, сенімділігі және ұзақ қызмет ету мерзімі оны осы салаларда қолдану үшін өте тиімді етеді. Бәсекелестіктің және нарықтық сұраныстың артуы нәтижесінде талшықты-оптикалық технологиялар құрылыс саласында кеңінен таралады, ал болашақта олар құрылыс индустриясын жетілдіруде маңызды рөл атқарады.

Қорытындылай келе, талшықты-оптикалық технологиялар құрылымдық бақылау жүйелерінің маңызды құрамдас бөлігі ретінде құрылыс индустриясында кеңінен қолданыс табуға бағытталған. Олар ғимараттардың қауіпсіздігін арттыруға, апаттардың алдын алуға және құрылымдардың ұзақ мерзімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Болашақта бұл технологиялардың дамуы мен қолданылуы құрылыс саласының тұрақтылығы мен сенімділігін қамтамасыз етудің негізгі факторына айналатыны сөзсіз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Тәжібаев, Т. (2007). "Құрылыс инженериясы мен құрылымдардың сенімділігін бақылау." Алматы: "Ғылым" баспасы.
- 2 Жұбанов, Б. (2016). "Құрылымдық бақылау және талшықты-оптикалық сенсорлар." Алматы: ҚазҰТУ баспасы.
- 3 Мұхамеджанов, Қ. (2015). "Құрылыс материалдары мен технологиялары." Алматы: Дәуір баспасы.
- 4 Сұлтанбеков, М. (2017). "Құрылымдардың техникалық бақылауы мен мониторингі." Астана: Еуразия университеті.
- 5 Абдрахманов, М. (2016). "Құрылымдық денсаулық мониторингі және оны талшықты-оптикалық жүйелермен қамтамасыз ету." Алматы: Білім баспасы.
- 6 Шаймерденов, К. (2018). "Жергілікті құрылыс саласындағы цифрлық технологиялар." Алматы: Қазақстанның баспасы.
- 7 Құттыбаев, Б. (2020). "Құрылымдардың мониторингі және талшықты-оптикалық сенсорлардың қолданылуы." Қарағанды: Қарағанды мемлекеттік университеті.
- 8 Мұратбаев, Ә. (2017). "Құрылымдық қауіпсіздік және талшықты-оптикалық технологиялар." Алматы: Құрылыс институты.
- 9 Бекмұхамедов, С. (2020). "Құрылымдардың денсаулығын бақылау жүйелері." Алматы: Қазақ университеті.
- 10 Нұрсейітов, Қ. (2019). "Инфрақұрылымдық объектілерді бақылау жүйелері." Астана: Инженерлік ғылымдар журналы.
- 11 Girei S. H. et al. High sensitivity microfiber interferometer sensor in aqueous solution //Sensors. – 2020. – Т. 20. – №. 17. – С. 4713. <https://doi.org/10.3390/s20174713>
- 12 Yao Y., Zhao Z., Tang M. Advances in multicore fiber interferometric sensors //Sensors. – 2023. – Т. 23. – №. 7. – С. 3436. <https://doi.org/10.3390/s23073436>
- 13 Zhang S. et al. An optical fiber Fabry–Perot pressure sensor with optimized thin microbubble film shaping for sensitivity enhancement //Coatings. – 2020. – Т. 10. – №. 4. – С. 358. <https://doi.org/10.3390/coatings10040358>
- 14 Cheng X. et al. Silicone rubber based highly sensitive fiber-optic Fabry–Perot interferometric gas pressure sensor //Sensors. – 2020. – Т. 20. – №. 17. – С. 4927. <https://doi.org/10.3390/s20174927>
- 15 Nazeri K. et al. Hollow-core photonic crystal fiber Mach–Zehnder interferometer for gas sensing //Sensors. – 2020. – Т. 20. – №. 10. – С. 2807. <https://doi.org/10.3390/s20102807>
- 16 Guo J. et al. High-temperature measurement of a fiber probe sensor based on the Michelson interferometer //Sensors. – 2021. – Т. 22. – №. 1. – С. 289. <https://doi.org/10.3390/s22010289>
- 17 Han Y. et al. High-sensitivity high-temperature sensor based on multi-microspheres improved Michelson interferometer //Optics communications. – 2021. –

T. 491. – C. 126932. <http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2021.126932>

18 Qi K. et al. All-fiber high temperature and refractive index sensor based on three microspheres array Michelson interferometer //Optics & Laser Technology. – 2020. – T. 129. – C. 106300. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2020.106300>

19 Qiao H. et al. Fiber optic-based durability monitoring in smart concrete: A state-of-art review //Sensors. – 2023. – T. 23. – №. 18. – C. 7810. <https://doi.org/10.3390/s23187810>

20 Zhao L. et al. Experimental and numerical investigation into corrosion-induced mortar/concrete cracking with distributed optical fiber sensors //Journal of Civil Structural Health Monitoring. – 2022. – T. 12. – №. 4. – C. 943-960. <http://dx.doi.org/10.1007/s13349-022-00589-x>

21 Souza E. et al. Smart Concrete Using Optical Sensors Based on Bragg Gratings Embedded in a Cementitious Mixture: Cure Monitoring and Beam Test //Sensors (Basel, Switzerland). – 2024. – T. 24. – №. 24. – C. 7998. <https://doi.org/10.3390/s24247998>

22 D'Alessandro A., Birgin H. B., Ubertini F. Carbon microfiber-doped smart concrete sensors for strain monitoring in reinforced concrete structures: an experimental study at various scales //Sensors. – 2022. – T. 22. – №. 16. – C. 6083. <https://doi.org/10.3390/s22166083>

23 Wang Q. et al. Broadband saturable absorption in germanene for mode-locked Yb, Er, and Tm fiber lasers //Nanophotonics. – 2022. – T. 11. – №. 13. – C. 3127-3137. <https://doi.org/10.1515/nanoph-2022-0161>

24 Абдрахманов, М. (2016). "Құрылымдық денсаулық мониторингі және оны талшықты-оптикалық жүйелермен қамтамасыз ету." Алматы: Білім баспасы.

25 Әбдіқалықов, Қ. (2020). "Цифрлық құрылыс технологиялары мен талшықты-оптикалық мониторинг." Алматы: ҚР ғылым академиясы.

26 Есқалиев, А. (2017). "Инженерлік жүйелерді бақылау және қауіпсіздік." Алматы: Қазақ академиясы.

27 Турсынбеков, Б. (2018). "Құрылымдардағы құрылыс материалдары және мониторинг жүйелері." Алматы: Құрылыс технологиясы баспасы.

28 Жапарқұл, Т. (2016). "Құрылымдардың денсаулығын бақылау және олардың жаңа технологиялармен қамтамасыз етілуі." Алматы: Қазақ ұлттық университеті.

29 Мұстафин, А. (2017). "Құрылымдық бақылаудың жаңа әдістері." Алматы: Жоғары оқу орындарының баспасы.

30 Кенжебеков, М. (2015). "Құрылыс технологиялары және сенсорлық жүйелер." Алматы: Құрылыс академиясы.

31 Ғабдуллин, Е. (2020). "Құрылымдық мониторинг және талшықты-оптикалық сенсорлар." Алматы: Білім беру институты.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

дипломдық жұмыс

Сериков Нуртас Сандибекұлы

6B06201 – Телекоммуникация

Тақырыбы: Талшықты-оптикалық сенсорлардың құрылыс материалдарына әсерін зерттеу

Студент Нуртас өз дипломдық жұмысында талшықты-оптикалық сенсорлардың (FBG және басқа түрлерінің) көпірлер мен көпқабатты ғимараттардағы құрылымдық элементтерді ұзақ мерзімді бақылауда қолданылуын зерттеді. Жұмыста сенсорлардың жұмыс істеу принциптері, сезімталдық деңгейлері, салыстырмалы тиімділігі және нақты құрылыс нысандарына орнату әдістері жан-жақты қарастырылған.

Зерттеу барысында FBG сенсорларын дәстүрлі сенсорлық жүйелермен салыстыру жүргізілді, олардың техникалық сипаттамалары мен экономикалық тұрғыдан артықшылықтары бағаланды. Студент нақты нысан сызбалары мен ауданы бойынша толық жүйе бағасын есептеп, құрылымдық қауіпсіздік пен шығындарды оңтайландыру мүмкіндіктерін көрсетті. Сонымен қатар, ағаш құрылымдарға сенсор енгізу бойынша шетелдік тәжірибе мысалдары (циклдік жүктеме, температура әсері, монтаждау технологиясы) да қамтылған.

Дипломдық жұмыс мазмұны құрылымдық тұрғыдан сауатты, техникалық бөлімдері терең талданған және өзекті тақырыпты жан-жақты қамтиды. Студент FBG жүйесінің артықшылықтарын дәлелді түрде көрсетіп, нақты инженерлік және экономикалық шешім ұсынды.

Дипломдық жұмыс «92» деп бағаланды, ал студент Сериков Нуртас 6B06201 Телекоммуникация білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.



Ғылыми жетекші

ЭТЖІ кафе. PhD докторы,

профессор

Н.К.Смайлов.

2025 ж.

СЫН - ПІКІР
дипломдық жұмыс

Сериков Нуртас Сандибекұлы

6B06201 - Телекоммуникация

Тақырыбы: **Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерінде талшықты оптиканы қолдану**

Орындалды:

а) графикалық бөлімі 20 бет;

б) түсіндірме жазба 50 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Сериков Нуртас дипломдық жұмысы «Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерінде талшықты оптиканы қолдану»

Жұмыста талшықты-оптикалық датчиктердің (әсіресе FBG) ерекшеліктері жан-жақты қарастырылып, олардың құрылымдық бақылаудағы артықшылықтары салыстырмалы түрде талданған.

Дипломант нақты объект негізінде есеп жүргізіп, сенсорларды орнату схемасын, олардың экономикалық тиімділігі мен қауіпсіздік тұрғысынан артықшылықтарын көрсете алды.

Кейбір бөлімдерде стилистикалық түзетулер мен әдеби сілтемелерді нақтылау қажет болғанымен, жалпы жұмыстың мазмұны талапқа сай келеді.

Жұмыс бағасы

Дипломдық жұмыс 31 деп бағаланды, ал студент Сериков Нуртас Сандибекұлы 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Рецензия беруші

Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті
PhD, зерттеуші профессор

Омаров Б. С. Омаров
« 28 » 05 2025 ж



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

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

Автор: Сериков Нуртас Сандибекұлы

Тақырыбы: Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерінде талшықты оптиканы қолдану

Жетекшісі: Нуржигит Смайлов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.8

Дәйексөз (35): 0

Әріптерді ауыстыру: 2

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

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:

2025-05-24

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сериков Нуртас Сандибекұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерінде талшықты оптиканы қолдану

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 1.2

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 1

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:

2025-05-24

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сериков Нуртас Сандибекұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Көпірлер мен көпқабатты үйлердің құрылымдық бақылау жүйелерінде талшықты оптиканы қолдану

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 1.2

Коэффициент Подобия 2: 0.8

Микропробелы: 1

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:

2025-05-24

Дата



Сұңғат Марксұлы

проверяющий эксперт