

ӘОЖ 004:69
FTAMP 67.53.03

САНДЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР НЕГІЗІНДЕ ҰЗАҚ ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН ҒИМАРАТТАР МЕН ҚҰРЫЛЫСТАРДЫҢ МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІН ТАЛДАУ

П.А. Кропачев¹, С.К. Абильдин¹, Б.Б. Аубакирова¹

¹Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан

Андатпа

Мақалада, сандық технологиялар негізіндегі ұзақ уақыт пайдаланылатын ғимараттар мен имараттардың мониторинг жүйесінің аналитикалық шолуы келтірілген. Ғимараттар мен құрылыстардың көтергіш конструкцияларының техникалық мониторингінің негізгі мақсаты ағымдағы техникалық жай-күйді анықтау, физикалық тозу дәрежесін, ақаулар мен зақымдануларды анықтау, конструкциялардың пайдалану сапасын белгілеу, олардың болашақта мінез-құлқын болжау болып табылады. Көтергіш конструкцияларды бұзбай бақылаудың қазіргі әдістерінің шектеулілігі, оларды пайдаланудың кезеңділігімен және іріктеп сипатымен негізделген зерттеушілерге оларды пайдалану процесінде көрсетілген конструкциялардың нақты техникалық жай-күйін бағалаудың баламалы әдістерін жасауға уәждемесі болып табылады. Зерттеу нәтижесінде бастапқыда авиақұрылыс және әскери-өнеркәсіптік кешен саласында конструкциялардың ағымдағы (үздіксіз) кернеулі-деформацияланған жағдайын бағалау әдісі әзірленді.

Түйінді сөздер: ғимараттар мен имараттардың мониторингі, сандық технологиялар, техникалық мониторинг.

АНАЛИЗ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кропачев П.А.¹, Абильдин С.К.¹, Аубакирова Б.Б.¹

¹Қарағандинский государственный технический университет, Қарағанда, Казахстан

Аннотация

В статье представлен аналитический обзор систем мониторинга длительно эксплуатируемых зданий и сооружений на основе цифровых технологий. Основной целью технического мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений является определение текущего технического состояния, выявление степени физического износа, дефектов и повреждений, установление эксплуатационных качеств конструкций, прогнозирование их поведения в будущем. Ограниченность существующих методов неразрушающего контроля несущих конструкций, обусловленная периодичностью и выборочным характером их использования явилась мотивацией для исследователей к созданию альтернативных методов оценки фактического технического состояния указанных конструкций в процессе их эксплуатации. В результате исследований, первоначально в области авиастроения и военно-промышленного комплекса был разработан метод оценки текущего (непрерывного) напряженно-деформированного состояния конструкций.

Ключевые слова: мониторинг зданий и сооружений, цифровые технологии, технический мониторинг.

ANALYSIS OF MONITORING SYSTEMS FOR LONGLY OPERATED BUILDINGS AND STRUCTURES BASED ON DIGITAL TECHNOLOGIES

P.A. Kropachev¹, S.K. Abildin¹, B.B. Aubakirova¹

¹Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan

Annotation

The article provides an overview of modern monitoring systems for long-running buildings and structures based on digital technologies. Technical monitoring is a process that includes control, testing, as well as analysis

and evaluation of structures of buildings and structures, primarily-lifting structures. The main purpose of technical monitoring of load-bearing structures of buildings and structures is to determine the current technical condition, determine the degree of physical wear, defects and damage, establish the performance of structures, forecasting their future behavior. The limitation of existing methods of non-destructive testing of lifting structures, due to the frequency and selective nature of their operation, is the motivation of researchers to develop alternative methods for assessing the actual technical condition of these structures in the process of their operation. As a result of the study, a method for assessing the current (continuous) stress-strain state of structures in the field of aircraft engineering and military-industrial complex was initially developed.

Key words: monitoring of buildings and structures, digital technologies, technical monitoring.

Кіріспе

Посткеңестік елдердің, сонымен қатар Қазақстанның өзекті мәселелерінің бірі, сонау КСРО кезеңінде құрылған өнеркәсіптік ғимараттар мен үймереттерді қауіпсіз пайдалануға беру мен сақтау болып табылады. Нұсқалған ғимараттар мен үймереттердің көтеруші құралымдары, апаттық бұзылуды арттыратын, аса мәнді физикалық тозуға ие, сондықтан мұндай объектілерде техникалық мониторинг жүйелерін орнату қажет.

Техникалық мониторинг – бақылау, сынау, сондай-ақ ғимараттар мен құрылыстардың құрылымдарын, ең алдымен-көтергіш құрылымдарды талдау мен бағалауды қамтитын процесс. Ғимараттар мен құрылыстардың көтергіш конструкцияларының техникалық мониторингінің негізгі мақсаты ағымдағы техникалық жай-күйді анықтау, физикалық тозу дәрежесін, ақаулар мен зақымдануларды анықтау, конструкциялардың пайдалану сапасын белгілеу, олардың болашақта мінез-құлқын болжау болып табылады [1].

Көтергіш конструкцияларды бұзбай бақылаудың қазіргі әдістерінің шектеулілігі, оларды пайдаланудың кезеңділігімен және іріктеп сипатымен негізделген зерттеушілерге оларды пайдалану процесінде көрсетілген конструкциялардың нақты техникалық жай-күйін бағалаудың баламалы әдістерін жасауға уәждемесі болып табылады. Зерттеу нәтижесінде бастапқыда авиақұрылыс және әскери-өнеркәсіптік кешен саласында конструкциялардың ағымдағы (үздіксіз) кернеулі-деформацияланған жағдайын бағалау әдісі әзірленді. Қазіргі уақытта бақылаудың бұзбайтын әдістерімен қатар автоматтандырылған мониторинг жүйесін пайдалана отырып, көтергіш конструкциялардың техникалық жай-күйінің үздіксіз диагностикасы қолданыла бастады. Шетелдік тәжірибеде оларды «StructuralHealthMonitoring – SHM» конструкцияларының Денсаулық мониторингі жүйесі деп атайды. Атом энергетикасында бұл жүйелер «On-Linemonitoring» деп аталады.

Материалдар мен әдістер

Ғимараттар мен құрылыстардың техникалық мониторингі тұтастай алғанда әртүрлі жүйелердің: негіздің, тіреу және қоршау конструкцияларының, инженерлік желілер мен жүйелердің және т. б. пайдалану сенімділігін бақылауды білдіреді. Мұның барлығы, инженерлік зерттеулердің, сонымен қатар, геодезиялық өлшеулер, инженерлік-геологиялық ізденістер, мүмкін болатын деформациялардың өлшеулерінің жүзеге асыруды қамтиды. Ғимараттар мен құрылыстардың техникалық мониторингі жүйесінің жалпы құрылымын 1-Суретке сәйкес ұсынуға болады.



1 Сурет Техникалық мониторинг жүйесі

1. Ғимараттар мен құрылыстардың техникалық мониторингінің өзі ғимараттар мен құрылыстардың нақты техникалық жай-күйін бағалау, болып жатқан процестерді талдау және жағымсыз өзгерістердің үрдістерін уақтылы анықтау үшін тұрақты түрде белгілі бір бағдарлама бойынша жүргізілетін бақылау және бақылау жүйесі болып табылады.

2. Бақылау ғимараттар мен құрылыстардың, жекелеген элементтердің, әсер ету түрлерінің нақты техникалық жай-күйін сипаттайтын параметрлерді анықтауды қамтамасыз ететін іс-шаралар жүйесі ретінде түсініледі.

3. Бақылау жүйесі ғимараттар мен құрылыстардың нақты техникалық жай-күйі туралы алынған мәліметтерді олардың сәйкестігін бағалау мақсатында белгіленген өлшемдермен және әсер ету нормаларымен салыстыру функциясын орындайды [3].

Ғимараттар мен құрылыстардың техникалық мониторингінің 4 кезеңі бар, олардың өзара байланысы 2-Суретте көрсетілген.



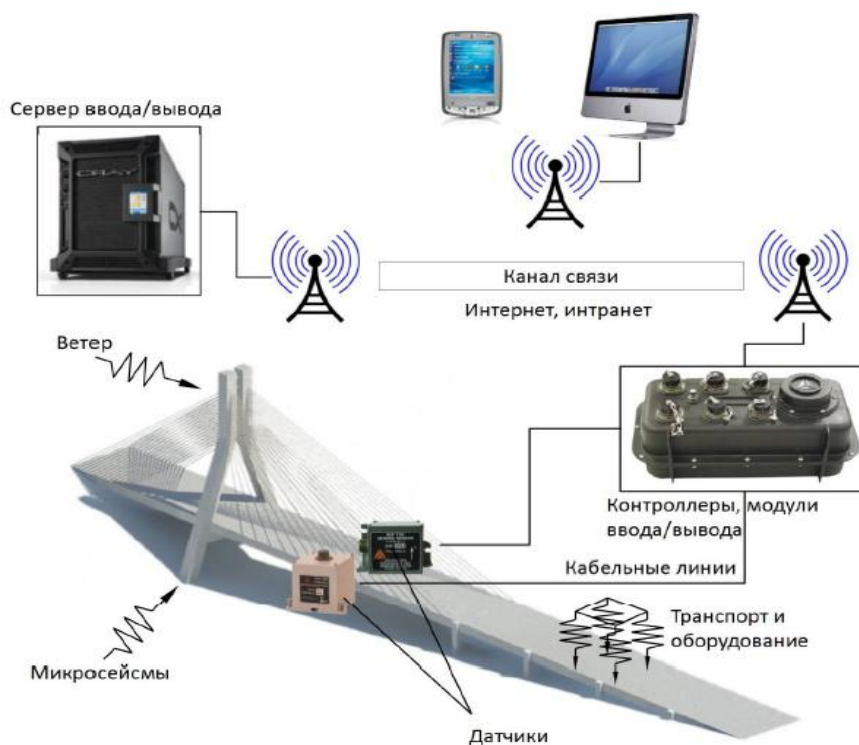
2 Сурет Ғимараттар мен құрылыстардың техникалық мониторингі кезеңдері

Өнеркәсіптік ғимараттар мен құрылыстардың техникалық жай-күйінің мониторингі құрылыс қызметінің дербес бағыты болып табылады. Ол ғимараттар мен құрылыстардың пайдалану сенімділігін қамтамасыз етумен, қажетті жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарын жүргізумен, сондай-ақ ғимараттар мен құрылыстарды қайта жаңарту жөніндегі жобалау құжаттамасын әзірлеумен байланысты мәселелер кешенін қамтиды.

Ресей мысалында ғимараттар мен құрылыстардың инженерлік жүйелерін мониторингтеу және басқарудың құрылымдық жүйесін (СМАЗ) енгізуді қарастыруға болады. Аталған жүйе 2012 жылдан бастап бірқатар өнеркәсіптік объектілерге енгізілген.

СМАЖ МЕМСТ Р 22.1.12-2005 талаптарына сәйкес әзірленген және инженерлік-техникалық қамтамасыз ету жүйелеріне, негізінің жай-күйіне, ғимараттар мен құрылыстардың құрылыс конструкцияларына, технологиялық процестерге, инженерлік қорғау құрылыстарына Автоматты мониторингті жүзеге асыруға арналған. Бұдан басқа, төтенше жағдайлардың, оның ішінде террористік актілерден туындаған қатері мен туындауы туралы ақпаратты Төтенше жағдайлардың алдын алу мен оларды жоюдың бірыңғай мемлекеттік жүйесінің күнделікті басқару органдарына нақты уақыт режимінде беруді жүзеге асырады.- Т. сәйкес 4.9 МЕМСТ Р 22.1.12-2005, СМАЖ әлеуетті қауіпті, аса қауіпті, техникалық күрделі және бірегей объектілерде міндетті түрде орнатылуға жатады [4].

ШАЖ құрудың негізгі мақсаты халықтың денсаулығына, қоршаған табиғи ортаға зиян келтіруі мүмкін табиғи және техногендік сипаттағы төтенше жағдайлардың алдын алу, сондай-ақ аса ірі мөлшерде материалдық залал келтіру болып табылады.СМАЖ мониторингінің автоматтандырылған жүйесінің құрылымдық сұлбасы 3-Суретте көрсетілген.



Сурет 3 СМАЖ мониторингінің автоматтандырылған жүйесінің құрылымдық схемасы

СМАЖ келесі артықшылықтарға ие:

1. Бақылаудың бұзбайтын әдістеріне қарағанда бұл жүйе үздіксіз жұмыс істейді және нақты уақыт режимінде көтергіш конструкциялардың техникалық жай-күйінің параметрлерін бақылауға мүмкіндік береді.

2. СМАЖ үздіксіз немесе берілген уақыт аралығымен, пайда болатын микротрещины, материалдың деструкциялары түрінде ақаулардың пайда болу орнын диагностикалауға және қалдық ресурсшы конструкцияларды бағалауға қабілетті.

3. СМАЖ қолдану көтергіш конструкциялардың жоспарлы жөндеуін кесте бойынша емес, олардың нақты техникалық жай-күйі бойынша тағайындауға мүмкіндік береді, бұл жөндеуаралық мерзімдерді ұлғайтады және оларды пайдалану кезіндегі шығындарды қысқартады.

4. Бұл жүйе конструкцияның нақты техникалық жай-күйін үздіксіз бағалайды, және диагностикаланатын параметрлерден асқан жағдайда оператордың жұмыс орнына хабарлама береді.

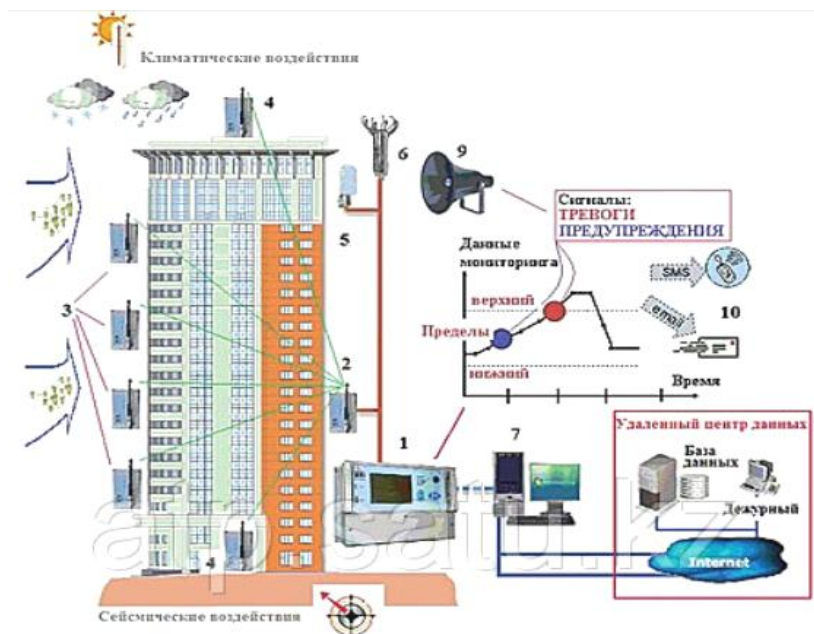
Жалпы жағдайда көрсетілген мониторинг жүйесі әртүрлі мақсаттағы датчиктер жиынтығын, датчиктерден деректерді жинау құрылғысын (тіркеушілерді) және деректерді жинау процесін басқаруға, оларды деректер базасында сақтауға, арнайы рәсімдер мен алгоритмдерді пайдалана отырып деректерді өңдеуге арналған бағдарламалар жиынтығын қамтиды.

– Қазақстанда ҚР ҚНЖЕ 3.02-05-2010 ж негізінде осындай жүйелер әзірленуде, атап айтқанда – «Инвент – Автоматика» фирмасының ғимараттары мен имараттары мониторингінің автоматтандырылған жүйесі (Алматы қ.) [2]. Ол арналған:

– көтергіш конструкциялар жай-күйінің техникалық мониторингі үшін ғана емес, тұтастай алғанда барлық құрылыстар үшін де;

– ғимараттар мен құрылыстарда тікелей ықтимал қауіпті объектілерде, ғимараттар мен құрылыстарда кез келген түрдегі жүктемелер мен әсерлердің ғимаратқа және конструкциясына әсер еткен кезде техникалық мониторингті жүзеге асыру үшін;

– байланыс арналары арқылы көтергіш конструкциялардың жай-күйі туралы ақпаратты осы объектілердің кезекші-диспетчерлік қызметіне беру үшін, нақты уақытта тұрақсыздандыратын факторлардың салдарын бағалау, алдын алу және жою мақсатында, сондай-ақ ТЖ туындау болжамы мен фактісі туралы ақпаратты беру үшін.



3 Сурет ҚР ҚНЖЕ негізінде ғимараттар мен құрылыстарды автоматты түрде мониторингінің құрылымдық схемасы 3.02-05-2010

Жүйенің ерекшелігі кешенді тәсіл - әртүрлі физикалық табиғаттың шамаларын бір уақытта өлшеу болып табылады. Датчиктер түрлерінің алуан түрлілігі оқиғаларды анықтаудың дұрыстығын арттырады, сондай-ақ датчиктердің бір түрін пайдаланатын жүйелермен салыстырғанда ғимараттың немесе құрылыстың жай-күйін дәл бағалауды қамтамасыз етеді.

Жүйенің артықшылығы оның ауқымдылығы мен бейімделуі болып табылады. Техникалық мониторинг параметрлеріне байланысты датчиктер іріктеледі, өлшеу желісі құрылады. Барлық деректер өңделетін, мұрағатталатын және қажетті параметрлер есептелетін серверге жіберіледі, содан кейін АРМаға жіберіледі.

Өнеркәсіптік ғимараттар мен құрылыстардың техникалық мониторингінің барлық белгілі жүйелері келесі датчиктер жинағына ие [5]:

- Көлбеу бұрышы датчигі (Инклинометрлер, көлбеу датчигі);
- Кернеу мен деформацияны өлшеу датчигі (Тензометрлер);
- Діріл өлшеу датчигі (Акселерометр);
- Жылжуды өлшеу датчигі (Экстензометр).

Құрылыс конструкцияларының техникалық мониторингі идеясы жаңа болып табылмайды, өйткені міндеттер Қазақстанда да, шетелде де, атап айтқанда Ресейде де шешіледі. Жаңа болып кернеулер мен деформацияларды өлшеу деректерін өңдеуді орталықсыздандыру идеясы болып табылады. Мұндай қойылымда тапсырманы шешу үшін зақымдануларды анықтаудың тиімді алгоритмдерін және өзінің жедел жадында осындай шешімдерді орындауға қабілетті сенсорлық тораптарды әзірлеу қажет.

Белгілі жүйелер (MicrostrainInc., CrosbowTechnologyInc.) сенсорлық тораптар ақпаратты датчиктерден жинағанда және оны кейіннен өңдеу үшін орталық серверге бергенде «сенсорлық торап – орталық процессор» принципі бойынша конструкциялардың бүлінуін табуды орындайды. Серверде барлық есептеулер орындалады: датчиктерден алынған сигналдар бойынша өлшенетін шамалардың физикалық мәндерін анықтау; кернеудің, деформацияның өлшенген мәндерін талдау; конструкцияның әр түрлі орындарындағы тербеліс жиілігі; оларды жобалық мәндермен салыстыру (критериалды көрсеткіштермен); конструкцияны пайдаланудың барлық уақыты ішінде ағымдағы сенімділік көрсеткішін анықтау [5].

Нәтижелер және талқылау

Сандық технологиялар негізінде ұзақ пайдаланылатын Өнеркәсіптік ғимараттар мен құрылыстардың техникалық мониторингі жүйесіне талдау жасай отырып, автоматтандырылған жүйенің құрамына мынадай компоненттер кіруі тиіс деген қорытынды жасауға болады:

- бақылау құралдарының кешені (датчиктер және өлшеу аспаптары);
- көп функциялы кабельдік жүйе;
- ақпарат беру желісі;

ақпаратты жинау және өңдеу жүйесі.

Бақылау құралдары кешеніне кіру керек:

- сейсможаттаушылар;
- әр түрлі технологиялық параметрлердің аналогтық және (немесе) сандық бақылау датчиктері.

Көп функциялы кабельдік жүйеге:

- кабель конструкциялары;
- электр және әлсіз ток кабельдер;

коммутациялық құрылғылар (кростар, электр шкафтар).

- Ақпаратты жинау және өңдеу жүйесіне;
 - енгізу-шығару серверлері;
 - жергілікті және (немесе) жаһандық есептеу желілері;
 - диспетчерлердің жұмыс станциялары;
- бағдарлама кешені.

Қорытынды

Осылайша, жоғарыда баяндалғанның негізінде Қазақстан климаттың, топырақтың ерекшеліктерін және дәл біздің еліміз үшін тән басқа да факторларды ескеретін мемлекеттік деңгейде ұзақ пайдаланылатын Өнеркәсіптік ғимараттар мен құрылыстарға техникалық мониторинг жүргізудің өзіндік автоматтандырылған жүйесін әзірлеуді қажет етеді деген қорытынды жасауға болады. Бұл жүйеде құрылыс материалдарының физикалық және химиялық қасиеттері, пайдалану шарттары, оларды бұзу жөніндегі зерттеулер деректері болуы тиіс. Бұдан басқа, ұзақ пайдаланылатын Өнеркәсіптік ғимараттар мен құрылыстардың техникалық мониторингінің автоматтандырылған жүйесінің дұрыс және тиімді жұмыс істеуі үшін қажетті шарт деректер базасын үнемі жаңарту, оған жаңа құрылыс материалдарын, өнеркәсіптік ғимараттарды пайдалануға қойылатын жаңа талаптарды енгізу болып табылады.

Әдебиет:

1. Леденёв В.В. Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений : учебное пособие / В.В. Леденёв, В.П. Ярцев. – Тамбов: Изд-во ФГБОУВО «ТГТУ», 2017. – 252 с.
2. Автоматизированная система мониторинга зданий и сооружений СНИП РК 3.02-05-2010 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sat.kz/p24241998-avtomatizirovannaya-sistema-monitoringa.html>.
3. Болдырев Г.Г., Епинин Е.С. Целесообразность применения автоматизированных систем мониторинга для оценки текущего состояния строительных конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://old.atomsro.ru/Magazine/22/files/assets/seo/page28.html>.
4. Живаев А.С. Мониторинг строительных конструкций. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза, ПГУАС, 2011. –178 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/monitoring-stroitelnykh-konstruktsii>.
5. Boldyrev G.G., Zhivaev A.A. System for Static and Dynamic Monitoring and Ice Sport Arena. Proceed. of the 8th Internat. Workshop on Structural Health Monitoring. Ed. Fu-Kuo, Stanford University, USA, 2011, pp. 378-385.