

Ф.У.Маликова, Ж.Төреханқызы, С.Б. Сейдазимов, Н.Т.Аскарова

Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru

КӨПІР ҚҰРЫЛЫМДАРЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫН БАҚЫЛАУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Көпір құрылымдарының күйін бақылауға арналған ақпараттық жүйені зерттеу инженерлік қоғамдастықтағы өзекті тақырып болып табылады. Мұндай жүйелер жол қозғалысы қауіпсіздігі мен елдің экономикалық дамуы үшін үлкен маңызға ие. Бұл мақалада біз көпір құрылымдарының күйін бақылау үшін ақпараттық жүйе қандай функцияларды орындауы керек және қандай артықшылықтар мен мұндай жүйенің кемшіліктерін барын анықтаймыз.

Түйінді сөздер. Ақпараттық жүйе, күйді бақылау, көпір құрылымдары, датчиктер, мәліметтер базасы, деректерді талдау, деректерді визуализациялау.

Кіріспе.

Көпір құрылымдарының күйін бақылау үшін ақпараттық жүйені құрудың алғашқы қадамы жүйеге қойылатын негізгі талаптарды анықтау болып табылады. Мұндай жүйе көпір құрылымдарының жай-күйі туралы деректерді жинап, талдай алуы, қажетті жөндеу және техникалық қызмет көрсету туралы ақпарат бере алуы, сондай-ақ авариялық жағдайлардың туындау ықтималдығын бағалай білуі тиіс. Мұндай жүйенің негізгі элементтерінің бірі сенсорлық түйін болып табылады. Көпір құрылымдарына орнатылады және деформациялар, тербелістер және көпірлердің күйіне байланысты басқа параметрлер туралы мәліметтер жинауға мүмкіндік береді. Жиналған деректер орталық мәліметтер базасына жіберіледі, онда оларды талдау және өңдеу жүзеге асырылады.

Деректерді талдау үшін машиналық оқыту мен деректерді талдаудың әртүрлі әдістері қолданылады, бұл көпірлердің күйінің өзгеруіндегі жасырын заңдылықтар мен тенденцияларды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл ақпаратты көпір құрылымдарын жөндеу және техникалық қызмет көрсету туралы шешім қабылдау үшін пайдалануға болады. Көпір құрылымдарының күйін бақылауға арналған ақпараттық жүйенің артықшылықтары айқын. Мұндай жүйе жолдардағы ықтимал апаттар мен қауіпті жағдайлардың алдын алып, жол қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мұндай жүйе көпірлерге техникалық қызмет көрсету кезінде ресурстарды үнемдеуге мүмкіндік береді, өйткені ол оның жағдайы туралы нақты мәліметтер негізінде құрылымдық элементтерді жөндеу және ауыстыру қажеттілігін анықтауға мүмкіндік береді.

Көпір құрылымдарының жай-күйін бақылауға арналған ақпараттық жүйе-бұл жедел бақылау мақсатында көпір құрылымдарының жай-күйі туралы деректерді жинауға, сақтауға, өңдеуге және талдауға мүмкіндік беретін бағдарламалық және аппараттық құралдар кешені оларды пайдалану және авариялық жағдайлардың алдын алу.

Көпір құрылымдарының жағдайын бақылауға арналған ақпараттық жүйенің негізгі компоненттері:

Сымсыз сенсорлық желілер. Көпір құрылымдарына орнатылған датчиктер мен түйін датчиктерінің көмегімен деформациялар, кернеулер, дірілдер және олардың күйін сипаттайтын басқа параметрлер туралы мәліметтер жиналады.

Деректерді жинау, беру және өңдеу жүйесі. Жиналған деректер оларды өңдеу және талдау үшін серверге жіберіледі.

Мәліметтер базасы жүйесі. Көпір құрылымдарының жай-күйі туралы деректерді сақтау және өңдеу жүйесі.

Аналитикалық құралдар. Деректерді талдау және ықтимал проблемалық аймақтарды анықтау үшін қолданылады.

Деректерді визуализациялау. Бақылау нәтижелерін пайдаланушылар үшін ыңғайлы түрде ұсынуға мүмкіндік береді.

Материалдар мен тәсілдер.

Жалпы, көпір құрылымдарының жай-күйін мониторингтеуге арналған ақпараттық жүйе жол қозғалысы қауіпсіздігін арттыру және көпір құрылымдарына техникалық қызмет көрсету процестерін оңтайландыру үшін тиімді және перспективалы шешім болып табылады. Алайда, мұндай жүйені құру кезінде оның барлық артықшылықтары мен кемшіліктерін ескеру қажет, сонымен қатар оны құру мен енгізуге қажетті шығындарды дұрыс бағалау қажет. Көпір құрылымдарының жай-күйін бақылауға арналған ақпараттық жүйе-бұл жедел бақылау мақсатында көпір құрылымдарының жай-күйі туралы деректерді жинауға, сақтауға, өңдеуге және талдауға мүмкіндік беретін бағдарламалық және аппараттық құралдар кешені оларды пайдалану және авариялық жағдайлардың алдын алу.

Көпір құрылымдарының жай-күйі туралы деректерді жинау мен сақтаудан басқа, көпір құрылымдарының жай-күйін мониторингілеуге арналған ақпараттық жүйе мынадай функцияларға ие болуы мүмкін:

Деректерді талдау: жүйе жиналған деректерге негізделген көпір құрылымдарындағы ауытқуларды, зақымдарды және ақауларды анықтау үшін деректерді талдау алгоритмдері мен әдістерін пайдалана алады.

Талдау нәтижелерін көрсету: жүйе талдау нәтижелерін түсінікті және көрнекі түрде көрсете алады, мысалы, графиктер, диаграммалар, кестелер, карталар және т. б.

Ықтимал проблемалар туралы ескерту: жүйе электрондық пошта, SMS, мессенджерлер және т. б. арқылы көпір құрылымдарындағы ықтимал проблемалар, зақымданулар немесе ақаулар туралы жауапты тұлғаларды автоматты түрде хабардар ете алады.

Жөндеу және техникалық қызмет көрсетуді жоспарлау: жүйе басымдықтар мен бюджеттік шектеулерді ескере отырып, жөндеу мен техникалық қызмет көрсетуді жоспарлау үшін көпір құрылымдарының жай-күйі туралы деректерді пайдалана алады.

Нақты уақыттағы бақылау: жүйе нақты уақыттағы көпір құрылымдарының күйін бақылауды қамтамасыз ете алады, бұл ықтимал мәселелерге тез жауап беруге және төтенше жағдайлардың алдын алуға мүмкіндік береді.

Деректерді басқару: жүйе көпір құрылымдарының деректерін қосу, өңдеу және жою, есептер мен аналитикалық деректерді жасау сияқты деректерді басқару функцияларын қамтамасыз ете алады.

Көпір құрылымдарының жай-күйін бақылау көлік коммуникацияларының қауіпсіздігін қамтамасыз етудің маңызды элементі болып табылады. Бұл төтенше жағдайларға әкелуі мүмкін ақаулар мен зақымдарды уақтылы анықтауға және жөндеуге мүмкіндік береді және көпір құрылымдарына олардың нақты жағдайына сәйкес қызмет көрсету. Көпір құрылымдарының жай-күйін бақылауға арналған заманауи ақпараттық жүйелер нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізуге, көпір құрылымдарының жай-күйі туралы деректерді жинауға және сақтауға, деректерді талдауға және талдау нәтижелерін ыңғайлы түрде көрсетуге мүмкіндік береді.

Нәтижелер мен талқылау.

Көпір құрылымдары маңыздылығы жоғары және күрделі кернеу-деформация жағдайында жұмыс істейтін инженерлік құрылыстар болып табылады. Бүгінгі таңда бұл

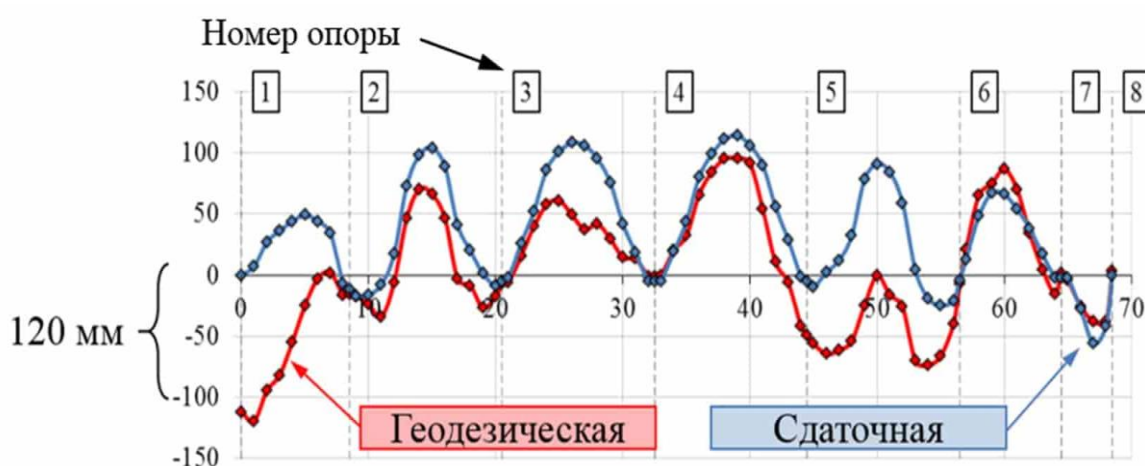
мәселенің ортақ шешімі - көпір құрылымының элементтерін техникалық сараптау, ол үшін геодезиялық өлшеулер және әртүрлі әдістермен бұзылмайтын бақылау мезгіл-мезгіл жүргізіледі. Дегенмен, мұндай мерзімді бақылау жүктердің нақты тарихын (период пен амплитуданы) ескере алмайды, бұл қалдық қызмет мерзімін анықтаудың негізгі критерийлерінің бірі болып табылады.

Көпір конструкцияларында «ИНТЕРЮНИС» КТ мониторинг жүйесін енгізудің бір мысалы «Уфа қаласының батыс айналма жолы» автомобиль жолында орналасқан және 2000 жылы салынған Белая өзені арқылы өтетін көпірдегі жүйе болып табылады (1 сурет). Көпір жеке дизайн бойынша жасалған: металл, Арқалық, ажырамас, ұзындығы шамамен 720 м, 8 тірекке орнатылған, 69 бөлімнен тұрады.



1 сурет - Көпірдің жалпы көрінісі

Осы объектіде мониторинг жүйесін орнату қажеттілігінің негізгі себебі жүргізілген техникалық тексеру нәтижелері бойынша тіректердің отыруын анықтау және соның салдарынан аралық құрылыстың геодезиялық қисығының тапсырылатыннан едәуір ауытқуы болды [1,2,3]. Мысалы, алғашқы қолдау жобалық позицияға қатысты 120 мм төмендеді (2 сурет). Айта кету керек, өзеннің кеме жүретін арнасының болуы көпірдің дизайнына төтенше әсер ету қаупін арттырады. Бұл фактілер оны қауіпсіз пайдалану мүмкіндігіне күмән келтірді.



2 сурет - Аралық құрылымның қисықтары

Мониторинг жүйесін орнатпас бұрын алдымен объектінің ең қауіпті аймақтарын анықтау, датчиктерді орнату орындарын таңдау, сондай-ақ датчиктерге шекті күйге жету мүмкіндігін сипаттайтын индикаторлық аралықтарды тағайындау қажет. Осы мәселелерді

пешу, сондай-ақ көпірдің нақты жүк көтергіштігін анықтау үшін оны компьютерлік модельдеу жүргізілді.

Құрылымдық диаграмма мен функционалды элементтерді қарастырыңыз (3 сурет) белгіленген мониторинг жүйесінде қолданылатын:

- диагностикалық және параметрлік датчиктер-объект туралы алғашқы ақпаратты жинауға арналған;

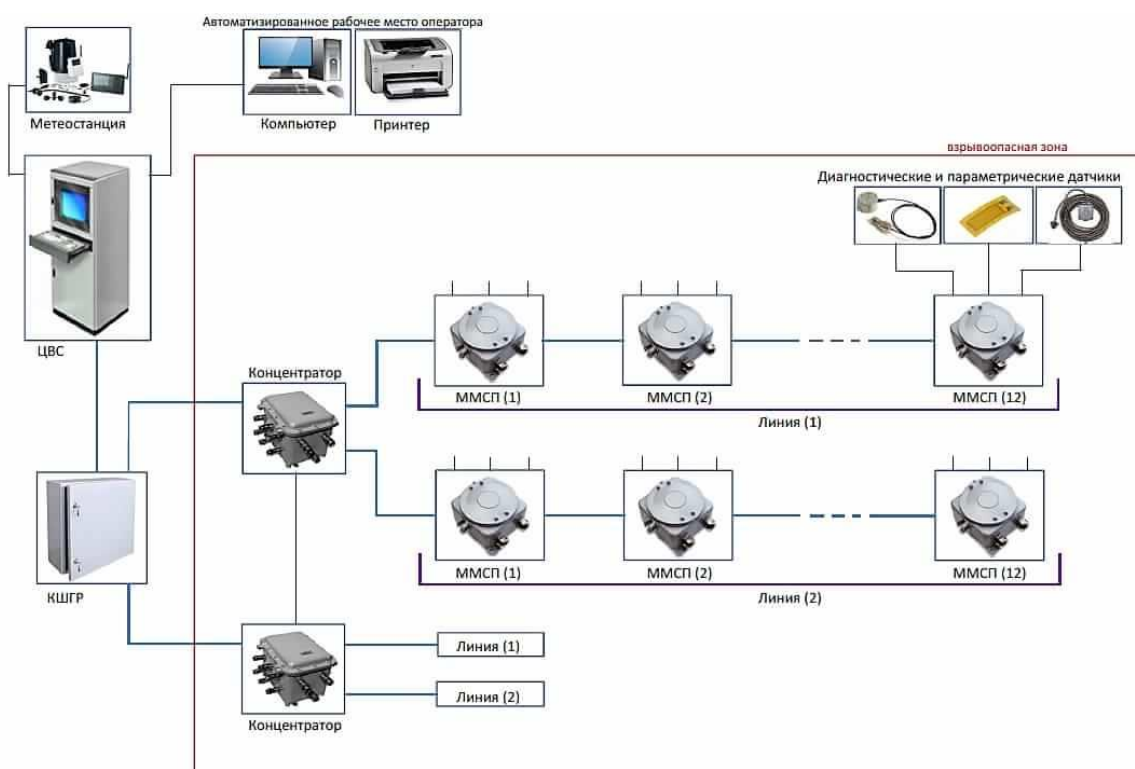
- көпфункционалды деректерді жинау және беру модулі (ММСП) – датчиктен алынған сигналды цифрлауды, сигналды алдын ала өңдеуді және одан әрі цифрлық түрде беруді жүргізеді;

- хаб-өлшеу сызықтарын ұйымдастырады. Барлық ММСП-дан ақпарат алады және оны әрі қарай өңдеуге жібереді;

- гальваникалық ажыратудың коммутациялық шкафы (КШГР) - өлшеу желілерін қуатпен қамтамасыз етеді, хабтардан алынған деректерді Орталық есептеу станциясына қайта жібереді;

- орталық есептеу станциясы (ЦВС)– барлық алынған деректерді талдауды, оларды көрсетуді және жинақтауды қамтамасыз ететін және аралық станцияларды, хабты басқаруды жүзеге асыратын құрылғы.

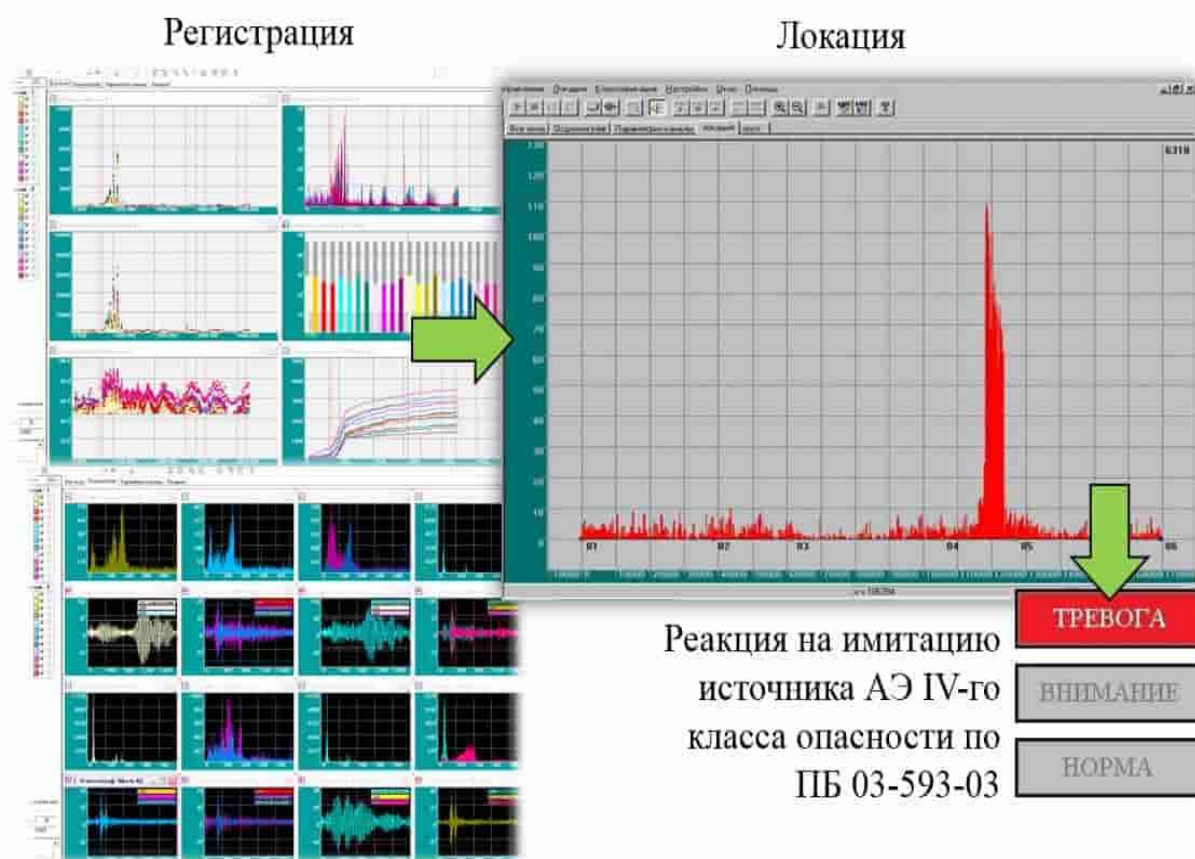
- автоматтандырылған жұмыс орны (АЖО)– орталық есептеу станциясына қашықтықтан қол жеткізу, мониторинг деректерін өңдеу және ақпараттың резервтік көшірмесін жүзеге асыру үшін пайдаланылатын қашықтағы терминал.



3 сурет - Құрылымдық схема

- мониторинг жүйесінің бағдарламалық қамтамасыз ету қойындыларының мысалдары, сондай-ақ апатты белсенді АЭ көзін имитациялау кезінде жүйенің әрекет ету мысалы келтірілген(4 сурет):

- сигналды тіркеу;
- көздің орналасқан жерін анықтау;
- объект жағдайының қауіптілік дәрежесін көрсету.



4 сурет - Нәтижелерді көрсету

«ИНТЕРЮНИС» КТ ұсынатын мониторинг жүйелерінің бірқатар бәсекелестік артықшылықтары бар, мысалы:

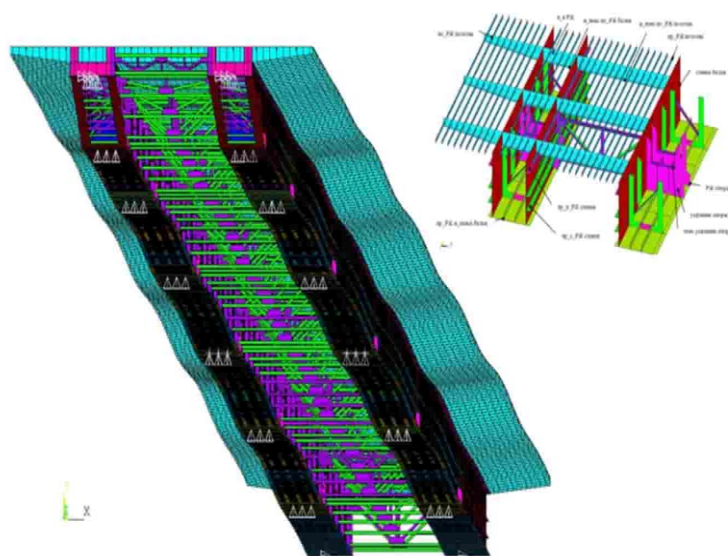
- сигналды цифрландыру-сандық сигнал жоғары шуылға қарсы иммунитетке ие және нәтижесінде ұзақ қашықтыққа берілуі мүмкін;
- автокалибровка-жүйе автоматты түрде жүргізеді, тұрақты жұмыс істеу қабілетін тұрақты датчиктер;
- барлық параметрлерге қол жеткізу-тапсырыс беруші оларды өзгерту үшін параметрлерге қол жеткізе алады;
- жүйенің модульділігі-қажет болған жағдайда жүйені жаңа датчиктерді немесе тіпті өлшеу сызықтарын қосу арқылы кеңейтуге болады;
- шешім қабылдауға көмек көрсететін индикаторлық аралықтардың болуы.

Есептеулер нәтижелері жүктеме схемасына байланысты максималды эквивалентті кернеулер үшін рұқсат етілген кернеулер үшін Қор коэффициенті 1,00-ден 1,47-ге дейін болатындығын көрсетті.

Көпірдің мұндай төмен жүк көтергіштігі тіректердің шөгудің салдары және қалыпты пайдалану әсерінен оның геометриясының өзгеруі болып табылады [4,5].

Содан кейін беттік модель ANSYS-тің ақырғы элементтік талдау жүйесіне әкелінді, онда есептеу моделі құрылды және есептеулер жүргізілді.

Бөлімдердің біреуінің мысалы бар модельдің жалпы көрінісі суретте көрсетілген.3. Айта кету керек, есептеу моделі егжей-тегжейлі, бұл жеңілдетілген есептеу схемаларынан бас тартуға және материалдың нақты сипаттамалары мен физикалық заңдылықтарын ескеруге мүмкіндік береді, осылайша есептеудің жоғары дәлдігін алады. Модельдің өлшемі 578278 түйін және 604586 элемент болды.



5 сурет - Шекаралық шарттары бар модельдің жалпы көрінісі және бір бөлімнің мысалы

Есептік модельге мынадай есептік жүктемелер қоса берілді: меншікті салмағы G , АК автомобильдерінен нормативтік жүктеме, НК стандартты емес көлік құралдарынан нормативтік жүктеме, сәйкес көпірді есептеу үшін $G+AK$, $G+НК$, $G+0.75 \cdot НК+0.75 \cdot НК$ жүктеме схемалары қабылданды [6].

Қорытынды.

Көпірде мониторинг жүйесін қолдану оның конструкциясы элементтерінің жай-күйін жедел бақылауға мүмкіндік береді: аса қауіпті аймақтардағы кернеулер, сондай-ақ қарқынды көлік жүктемесінің және сыртқы табиғи-климаттық әсерлердің әсерінен туындайтын ығысулар мен майысулар.

Датчиктерде индикаторлық аралықтардың болуы мониторинг жүйесіне кернеулердің рұқсат етілген мәндерге жеткендігі туралы сигнал беруге мүмкіндік береді, олардың асып кетуі қалдық деформацияларға және көпір геометриясының өзгеруіне әкелуі мүмкін.

Мониторинг жүйесінің маңызды функциясы көпірді пайдалану қызметінің және жылдам әрекет ету қызметінің (жол полициясы, ТЖМ және т.б.) қызметкерлерін конструкция деформацияларының рұқсат етілген мөлшерінен асқан жағдайда ықтимал қауіпті жағдай туралы дереу хабардар ету болып табылады. Бұл көпірдегі көлік қозғалысының қауіпсіздігін арттырады, төтенше жағдайда ауыр зардаптардың алдын алады. Мониторинг жүйесінің деректер ағынын талдау мүмкін болатын шекті-қосымша тенденцияларды көруге мүмкіндік береді.

Сайып келгенде, мониторинг жүйесін енгізу жүктемелер мен әсерлердің өзгеруінің егжей-тегжейлі динамикасын бақылауға, нақты техникалық жағдайды бағалауға және көпірдің қалдық ресурсын нақты уақыт режимінде есептеуге мүмкіндік берді, бұл оның қауіпсіз пайдаланылуын қамтамасыз етті.

Әрине, жүйенің тиімділігі неғұрлым жоғары болса, объектіні пайдалану кезеңінде ол ертерек орнатылады.

Көпірлердің әртүрлі «ауруларының» алдын - алудың ең тиімді әдісі ретінде бақылау жүйелерін пайдалану олардың ұзақ 100-150 жылдық өмірлік циклінің бүкіл кезеңінде қауіпсіздік пен сенімділікті қамтамасыз етеді. Сымды жүйелерге өміршең балама ретінде радиожилік желілері, ұялы байланыс желілері және басқалары сияқты жаңа сымсыз технологиялар әдеттегі бақылау жүйелерінде қайталанатын кабельдік мәселені

пешуге мүмкіндік береді. Сымсыз технологияның әдеттегі сымды зондтау жүйесімен салыстырғанда ықтимал артықшылықтарына байланысты байланыс саласындағы өзгерістер қолданыстағы технологиялардың жаңа жүйеге ауысуына әкеледі. Деректерді өңдеу және мұрағаттау шығындарын азайту кезінде нақты уақыттағы деректерден максималды пайда алу үшін деректерді жинау режимдерін оңтайландыру бойынша зерттеулер жүргізілді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Александров А. И., Карминский В. И., Шелест В. Г. Мониторинг мостовых конструкций: опыт и проблемы // Вестник мостового строительства. - 2018. - № 3. - С. 7-15.

[2] Горбунов В. И., Козлов В. А., Семенов В. М. Мониторинг состояния мостовых конструкций на основе беспроводных сенсорных сетей // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Физико-математические науки. - 2015. - Т. 19, № 4. - С. 655-663.

[3] Дубовицкий С. В., Максимов И. В., Лесунов В. С. Мониторинг состояния мостовых конструкций на основе технологий беспроводных сенсорных сетей // Автоматизация процессов управления. - 2016. - Т. 17, № 3. - С. 69-76.

[4] Ковалева Т. И., Лисовский Н. В. Применение информационных технологий в мониторинге состояния мостовых конструкций // Мосты и тоннели. - 2017. - № 6. - С. 21-25.

[5] Савкин А. А., Анисимов А. А., Шершаков А. С. Использование методов машинного обучения в системе мониторинга состояния мостовых конструкций // Научнотехнический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2018. - Т. 18, № 3. - С. 508-515.

[6] Терехов А. А., Баранов А. С., Тарасов А. А. Применение беспроводных сенсорных сетей в мониторинге состояния мостовых конструкций // Электронный научно-технический журнал «Наука и технологии транспорта». - 2016. - № 2. - С. 20-28.

REFERENCES*

[1] Alexandrov A. I., Karminsky V. I., Shelest V. G. Monitoring of bridge structures: experience and problems // Bulletin of bridge construction. - 2018. - No. 3. - S. 7-15.

[2] Gorbunov V. I., Kozlov V. A., Semenov V. M. Monitoring of the state of bridge structures based on wireless sensor networks // Bulletin of the Samara State Technical University. Series Physical and Mathematical Sciences. - 2015. - V. 19, No. 4. - S. 655-663.

[3] Dubovitsky S. V., Maksimov I. V., Lesunov V. S. Monitoring of the state of bridge structures based on technologies of wireless sensor networks // Automation of control processes. - 2016. - V. 17, No. 3. - S. 69-76.

[4] Kovaleva T.I., Lisovsky N.V. Application of information technologies in monitoring the state of bridge structures // Bridges and tunnels. - 2017. - No. 6. - S. 21-25.

[5] Savkin A. A., Anisimov A. A., Shershakov A. S. Use of machine learning methods in the system of monitoring the state of bridge structures // Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics. - 2018. - V. 18, No. 3. - S. 508-515.

[6] Terekhov A. A., Baranov A. S., Tarasov A. A. Application of wireless sensor networks in monitoring the state of bridge structures // Electronic scientific and technical journal «Science and technology of transport». - 2016. - No. 2. - S. 20-28.

Феруза Маликова, PhD, асоциированный профессор, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, feruza-malikova@mail.ru

Жансая Төреханқызы, магистрант, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, torekhanovazh@mail.ru

Сырым Сейдазимов, магистр, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, syreken.ss@gmail.com

Нурсанат Аскарова, магистр, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, askarova_ns@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Исследование информационных систем для мониторинга состояния мостовых конструкций является горячей темой в инженерном сообществе. Такие системы имеют большое значение для безопасности дорожного движения и экономического развития страны. В этой статье мы определим, какие функции должна выполнять информационная система для контроля за состоянием мостовых конструкций и какие преимущества и недостатки имеет такая система.

Ключевые слова. Информационная система, мониторинг состояния, мостовые конструкции, датчики, база данных, анализ данных, визуализация данных.

Feruza Malikova, PhD, associate professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, feruza-malikova@mail.ru

Zhansaya Torekhankyzy, master's student, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, torekhanovazh@mail.ru

Syrym Seidazimov, master's degree, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, syreken.ss@gmail.com

Nursanat Askarova, master's degree, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, askarova_ns@mail.ru

RESEARCH OF AN INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING THE STATE OF BRIDGE STRUCTURES

Abstract. The study of information systems for monitoring the condition of bridge structures is a hot topic in the engineering community. Such systems are of great importance for road safety and the economic development of the country. In this article, we will determine what functions an information system should perform to monitor the condition of bridge structures and what advantages and disadvantages such a system has.

Keywords. Information system, condition monitoring, bridge structures, sensors, database, data analysis, data visualization.
