

on the basis of scientifically grounded tools formed on the basis of the advanced experience foreign countries is proposed. Methodological approaches to improving working conditions are considered, as well as the development of directions for increasing production activity at the enterprise.

Key words: alternative farming, earthworms, biohumus, mineral fertilizers, vermiculture.

doi.org/10.29295/2311-7257-2018-101-3-228-237

УДК 681.5: 691.3

Сопов В.П., Корсун В.Є., Журавльов Ю.В.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

*(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: vsopov@ukr.net; korvik@ukr.net; jurj@ukr.net;
orcid.org/0000-0002-1908-0421, orcid.org/0000-0002-9402-5457, orcid.org/0000-0002-4911-8478)*

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ТЕМПЕРАТУРНИЙ МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСУ ТВЕРДІННЯ БЕТОНУ

Одним з необхідних технологічних прийомів забезпечення тріщиностійкості масивних бетонних споруд є проведення контролю зміни температури в різних частинах конструкції для своєчасної реєстрації неприпустимих температурних градієнтів і проведення відповідного догляду за бетоном, що твердіє. Розглянуто варіанти побудови автоматизованого програмно-апаратного комплексу вимірювання температури бетону в конструкції, збереження і передачі отриманих даних на віддалений комп'ютер для їх подальшого аналізу і видачі відповідних рекомендацій по догляду в процесі твердіння бетону. Його особливістю є використання серійно випускаються компонентів, гнучкість, масштабованість.

Ключові слова: твердіння бетону, тепловиділення, температурний моніторинг, автоматизована система, датчики температури, розподілена система збору даних.

Вступ. Зростання поверховості будинків і споруд викликає необхідність зведення відповідних масивних монолітних залізобетонних основ і фундаментів. В першу чергу, це відноситься до споруд гідро- і вітроенергетики. Наприклад, для зведення фундаменту під вітровий генератор необхідно укласти близько 1000 м³ бетону. До фундаментів таких споруд пред'являються особливі вимоги щодо забезпечення їх довговічності і надійності, що передбачає застосування певних класів бетону складного складу. Твердіння бетону обумовлено, в основному, екзотермічними процесами гідратації цементу з водою, які викликають нерівномірний розподіл температури за об'ємом, внаслідок диференційованості умов теплообміну в різних частинах конструкції. Наслідком цього є виникнення температурних градієнтів між різними частинами бетонного масиву, які призводять до появи тріщин на поверхні бетону (рис. 1).

Охолодження бетонного масиву відбувається внаслідок теплообміну з навколишнім середовищем через його поверхні. Внаслідок цього у граней спостерігаються значні температурні градієнти, що призводить до утворення напруг, що розтягують, що створюють умови для розвитку тріщин в бетоні [1-4]. Таким чином, зміна температури бетону за рахунок впливу як зовнішніх, так і внутрішніх факторів може призвести до розтріскування і навіть до руйнування бетонних конструкцій. Сучасні будівельні правила встановлюють цілий ряд обмежень на температуру, швидкість нагріву і охолодження бетону до досягнення необхідної міцності монолітних конструкцій в ході їх виготовлення на будівельному майданчику. Як правило, максимальна внутрішня температура задається як дев'яносто градусів, а градієнт температур не повинен перевищувати 20 оС. Тому актуальним завданням є моніторинг тепловиділення при укладанні і твердінні бетонів [5-7].



Рис. 1. Температурні тріщини на поверхні бетону

Матеріали і методи дослідження. При вимірюванні температури бетону в умовах будівельного майданчику можна використовувати методи періодичного або безперервного контролю.

Для методу періодичного контролю характерні звичайні засоби вимірювання (термометр в свердловині, заповненої незамерзаючої рідиною), які в сучасному будівництві не можна вважати достатніми та прийнятними технічно. В цьому випадку, заміри повинні проводитися через 2 години на першу добу і не рідше 6 ... 2 раз в наступні три доби. Такі термометричні дані можуть носити недостовірний характер, як за обсягом, так і за змістом, оскільки не дозволяють достовірно зафіксувати пікові значення температури в процесі твердіння бетону і вжити своєчасних заходів по догляду. Застосування переносних цифрових реєстраторів даних (datalogger) спрощує виконання вимірювань, але все одно вимагає перебування термометриста на робочому майданчику. Обслуговуючому персоналу доводиться напружено працювати для отримання вимірювальної інформації, найчастіше в несприятливих метеорологічних умовах, і вдень, і вночі.

Оскільки будівельні об'єкти як правило знаходяться на значно віддаленій-ванні від дослідницької лабораторії, а спостереження за температурним режимом осу-ється протягом декількох днів, то для температурного моніторингу цільових перевірок згідно використовувати автоматизовану систему збору, передачі та обробки тим-температурних даних. Автоматизована система моніторингу забезпечує неодмінно-рівний контроль, збір та обробку великого обсягу статистичних даних з можливістю подальшого аналізу, миттєве повідомлення відповідальних осіб про критичний-ському відхиленні параметрів процесу, виключає людський фактор при виміру-ях, реалізує віддалений моніторинг (за допомогою різних засобів передачі даних, таких як Wi-Fi, мобільні мережі, Internet. для створення подібних систем найбільш під-ходять апаратні і програмні засоби, що розробляються для автоматизованих систем управління технологічними процесами АСУ ТП і автоматизованих систем наукових досліджень АСНД.

В даний час на ринку України присутня досить велика кількість розподілених систем збору даних і управління для АСУ ТП. Найбільш відомо обладнання таких фірм, як Advantech, ICPDAS, ADLINK, Siemens, OBEH і ін.

Апаратне забезпечення автоматизованих систем управління і збору даних реалізують універсальні інструменти-контролери і сімейства модулів віддаленого вводу-виводу: I-7000, I-8000 фірми ICPDAS [8], NuDAM-6000 фірми ADLINK [9], ADAM-5000,

ADAM- 6000 фірми Advantech [10], ОВЕН МВ-110 [11] та ін. Аналізуючи склад обладнання АСУ ТП і АСНД, що випускається різними фірмами, можна виділити кілька архітектурних рішень розподіленої автоматизованої системи управління моніторингом температури бетону будівельних конструкцій.

Перше рішення засноване на застосуванні незалежних модулів, пов'язаних між собою мережею (RS-485, Ethernet). На рис. 2 приведена структурна схема реалізації такої системи. При використанні інтерфейсу RS-485 для підключення до комп'ютера потрібно перетворювач інтерфейсу RS-485 / RS-232 або USB.

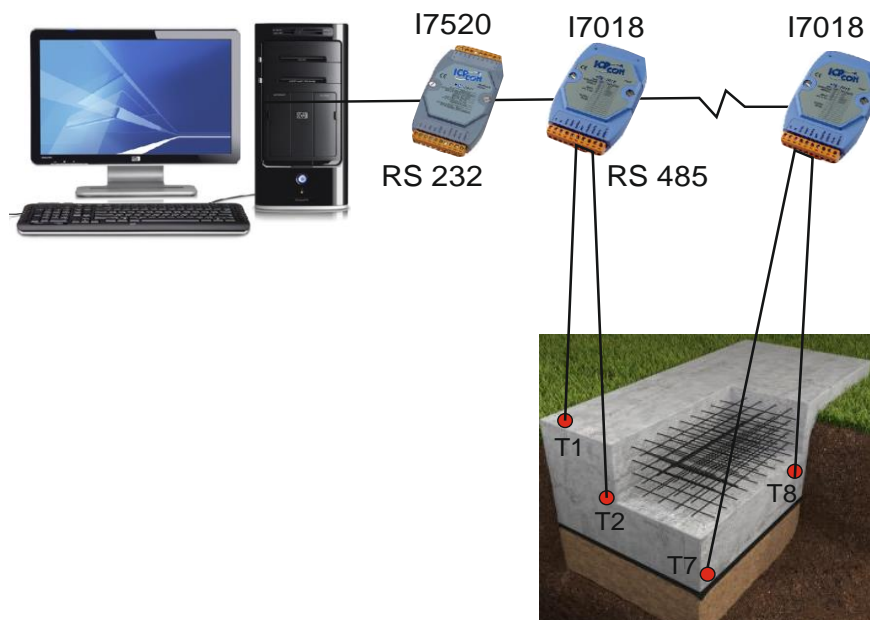


Рис. 2. Автоматизована система моніторингу температури бетону, що твердіє, на базі модулів збору даних I-7018 і персонального комп'ютера

Якщо модулі, що застосовуються, мають інтерфейс підключення Ethernet, то використання перетворювача стає непотрібним, так як цей інтерфейс на сьогоднішній день є практично у всіх персональних комп'ютерах, на відміну від інтерфейсу RS-485.

Таке архітектурне рішення дозволяє будувати автоматизовані системи управління та контролю, розподілені в просторі. Відстань досліджуваних об'єктів від пульта управління може досягати сотень метрів (в разі використання інтерфейсу Ethernet).

Незважаючи на відмінність апаратної і програмної частини модулів збору даних, всі вони виконують схожі функції, такі як введення / виведення аналогових сигналів, введення / виведення дискретних сигналів, перетворення і обробка сигналів від різних типів датчиків, реалізація функцій таймерів-лічильників і ін. Тому і принципи роботи з ними є досить схожими.

Виклад основного матеріалу. Як програмно-апаратний комплекс для проведення температурних вимірювань були обрані модулі віддаленого збору даних серії I-7018 ICP DAS (Рис. 2) [12]. Модуль I-7018 представляє собою восьмиканальний модуль аналогового введення, що забезпечує роботу з різними типами термопар. За допомогою мережевого інтерфейсу RS-485 модуль I-7018 з'єднується з персональним комп'ютером (ноутбуком), через модуль I-7520 (перетворювач інтерфейсу RS-485 / RS-232). Можливе об'єднання в мережу до 256 модулів збору даних без репитеру. На персональному комп'ютері

встановлюється програмне забезпечення, призначене для взаємодії з модулями збору даних, що включає бібліотеки фірми ICP DAS і прикладну програму.

Середовищем програмування був обраний програмний пакет LabVIEW [13], який широко застосовується для розробки програмного забезпечення для автоматизації систем наукових досліджень і автоматизації невеликих технологічних процесів. До переваг цього середовища слід віднести великий набір драйверів для роботи з зовнішніми пристроями, в тому числі з розподіленими модулями збору даних, і наявність OPC-клієнта, для зв'язку з пристроями, що мають вбудований OPC-сервер. Розроблена програма забезпечує збір температурних даних з об'єкта по 8 каналам протягом заданого часу, графічне відображення температурних залежностей від часу по всіх каналах, відображення миттєвих значень параметрів по кожному каналу, збереження інформації на жорсткому диску комп'ютера, формування листа температурних даних, виведення графічних залежностей на печать. Число каналів реєстрації може бути збільшено, відповідно до числа підключених модулів збору даних. Алгоритм програми, яку запускає на ведучому (HOST) комп'ютері, забезпечує взаємодію з модулями I7000 через послідовний порт комп'ютера або USB порт. При цьому спочатку здійснюється ініціалізація послідовного порту (настройка робочих параметрів порту) і його відкриття, потім проводиться зчитування даних (рис. 3) і після закінчення роботи порт закривається.

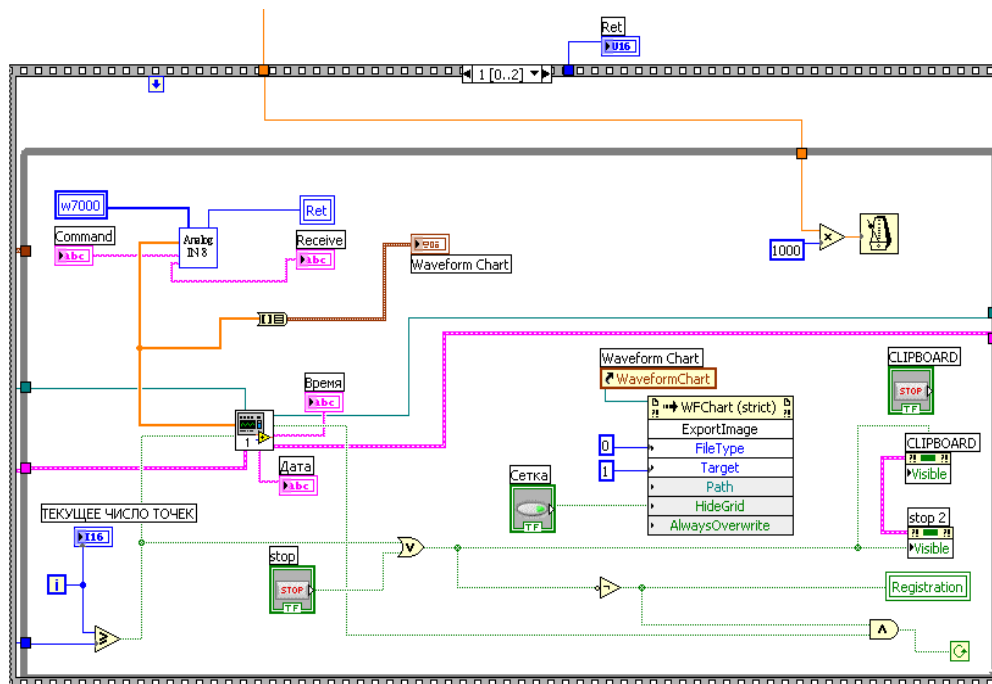


Рис. 3. Фрагмент програми, що забезпечує зчитування даних з послідовного порту

Схема взаємодії HOST комп'ютера з модулями, об'єднаними в одну мережу на основі RS-485, виглядає наступним чином:

- Ведучий комп'ютер видає команду в мережу через порт COMxx.
 - Перетворювач I-7520 перетворює сигнал RS-232 в RS-485.
 - Все модулі, підключені до мережі RS-485, отримують цю команду і порівнюють поле адреси цієї команди зі своєю власною адресою.
 - Модуль, у якого ці адреси співпадуть, виконає цю команду, а решта її проігнорують.
- Після виконання команди модуль посилає відповідь про результати виконання в мережу RS-485. Ведучий комп'ютер обробляє відповідь і видає наступну команду.

В основу інтерфейсу програми покладено керуючий елемент TabControl (блокнот з декількома вкладками «Налаштування», «Канал 0», ... «Канал 7», і «Реєстрація»). На вкладці «Налаштування» зосереджені керуючі елементи, призначені:

- для настройки параметрів послідовного порту – номер порту, швидкість передачі даних, число інформаційних бітів, контроль парності і т.д. ;
- для налаштування параметрів мережі – адреса модуля, його ID, час очікування відповіді і т.д. ;
- зазначення шляху до бібліотек фірми ICP_DAS, призначеним для роботи з модулями серії I7000. Ці компоненти (7000 Utility і віртуальні підприбори, що забезпечують взаємодію з модулями серії I7000), повинні бути встановлені заздалегідь.

На вкладці «Реєстрація» (рис. 4) перебувають управляючі елементи. Тут же розташовані індикатори, на яких відображаються поточні дата і час, поточний і загальне число точок реєстрації, віртуальний осцилограф, для графічного відображення реєстрованих процесів, перемикач «Сітка», для включення або відключення відображення сітки при збереженні графічного зображення в файлі на жорсткому диску.

На вкладках «Канал 0», ... «Канал 7», відображається графіки температурних залежностей від часу по каналах реєстрації.

Процес збору даних починається натисканням на кнопку «Реєстрація». При реєстрації, відповідно до встановленого часу, проводиться зчитування інформації з модуля I7018, який в свою чергу підключений до термопар. Лічені дані відображаються на віртуальному осцилографі в реальному часі і одночасно записуються в файл на жорсткому диску для подальшої обробки та аналізу. Після закінчення часу реєстрації або при натисканні на кнопку «Стоп» реєстрація припиняється, і зображення з лицьової панелі віртуального осцилографа заноситься в буфер обміну Windows і зберігається в файлі шляхом, зазначеному користувачем.

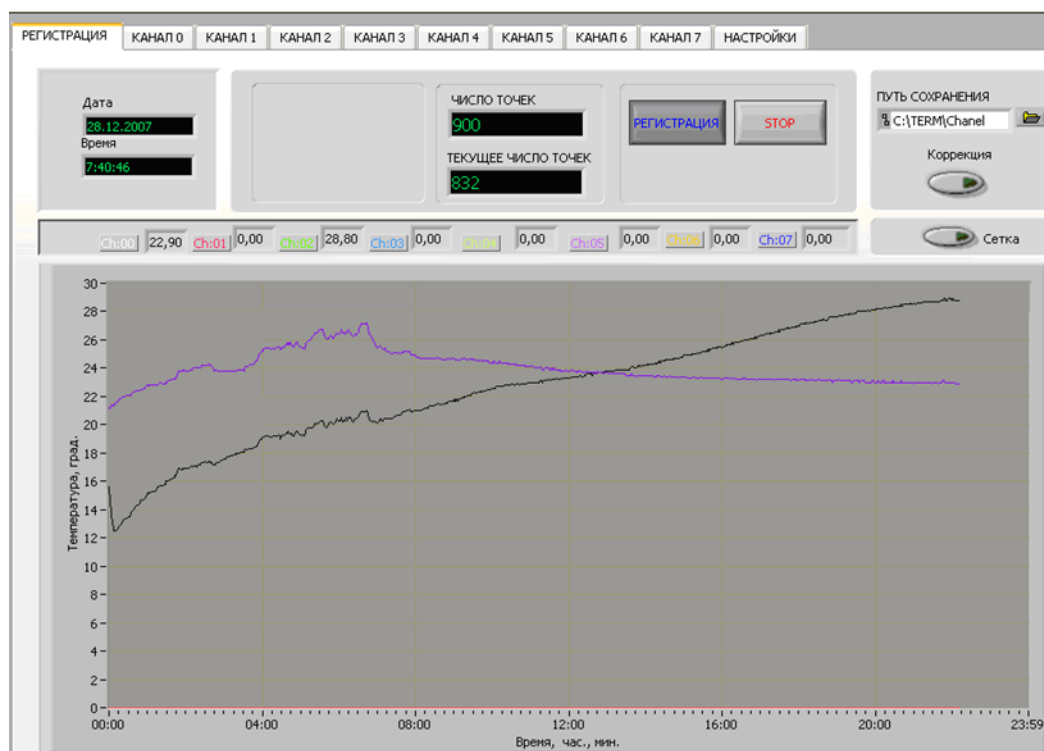


Рис. 4. Реєстрація температурних даних

Друге рішення (рис. 5), передбачає використання програмованого контролера для організації обміну з модулями збору даних і передачі реєстрованої інформації на віддалений сервер або «хмара». У даній системі ПК підключається до контролера I7188E тільки для завантаження прикладної програми. Весь інший час контролер працює самостійно, забезпечуючи вимір і управління процесом моніторингу.

У територіально-розподілених системах, де об'єкти знаходяться на значній відстані один від одного і від дослідницької лабораторії, відсутність провідних каналів, робить економічно вигідним використання радіозв'язку, систем мобільного зв'язку, Internet. Перевагами є підвищена надійність систем за рахунок можливості зв'язку через кілька базових станцій, дублювання каналів зв'язку, захищеність і якісна передача даних. Дальність дії необмежена і визначається покриттям мобільного зв'язку. Відсутність витрат на побудову та експлуатацію власної системи радіозв'язку дозволяє використовувати радіозв'язок для передачі даних невеликим організаціям, створюючи свою «віртуальну» систему зв'язку, при цьому терміни створення системи значно скорочуються.

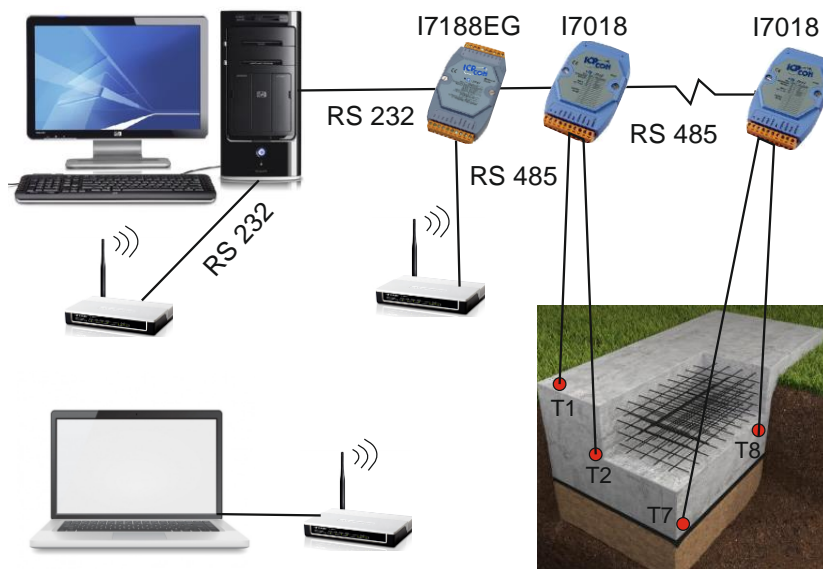


Рис. 5. Автоматизована система моніторингу бетону, що твердіє, на базі модулів збору даних I-7018 і програмованого логічного контролера I-7188EG

Для дистанційної передачі даних, в разі віддалених об'єктів, система може бути оснащена GSM \ GPRS модемом (роутером), що дозволяє передавати температурні дані на смартфон або на інший комп'ютер, що має GSM \ GPRS модем, за допомогою SMS-повідомлень, e-mail або мережі Internet.

Для забезпечення двостороннього обміну даними або повідомленнями, застосовуються недорогі GSM \ GPRS модеми, наприклад, Siemens MC35T або, якщо спиратися на обладнання все тієї ж ICPDAS, - сучасний модем GTM-203M-3GWA з підтримкою мереж 2G і 3G, які передають дані або повідомлення в форматі SMS і управляється за допомогою звичайних AT-команд. Необхідна інформація про технологічний процес через GSM \ GPRS -модем (в форматі SMS) передається як в ПК (SCADA-система або електронна таблиця Microsoft Excel), так і на мобільний телефон оператора або обслуговуючого персоналу. Зміст повідомлення може бути різним: значення контрольованих параметрів, тривога і т.д.

У зворотний бік, з віддаленого терміналу на базі ПК або мобільного телефону, передаються повідомлення або дані по управлінню і контролю пристроями моніторингу на

промислового об'єкті. Розробка програмного забезпечення для контролерів здійснюється за допомогою безкоштовних середовищ C, C++ або на основі комерційних засобів розробки.

У разі застосування контролера I7188EG розробка програм ведеться в середовищі IsaGraf, що підтримує стандарт програмування MEK 61131-3, добре знайомий фахівцям, які працюють в області АСУ ТП, і має набір бібліотечних модулів, що підтримують сервіси SMS та e-mail. Інструментальне середовище програмування ISaGRAF [14] доповнена засобами вилученого налагодження та обміну даними через Internet, E-mail і SMS. Починаючи з версії 2.14 цільової системи, ISaGRAF отримав можливість програмно реалізувати протокол обміну з модемами за допомогою програмного модуля «Modem_Link», який входить до складу набору утиліт «ICP DAS Utilities For ISaGRAF».

Після інсталяції цієї утиліти, контролер може бути використаний як модемна станція, що відповідає на дзвінки віддаленого ПК під управлінням відладчика ISaGRAF. Якщо контролери включені в мережу Ethernet, то віддалений комп'ютер може завантажувати і спостерігати за будь-яким контролером в мережі через модем і модемну станцію. Налаштування конфігурації модемної станції обмежується вибором порту, куди підключений модем, і наступним введенням пароля. На віддаленому комп'ютері при налаштуванні зв'язку з цільовим завданням вводиться номер телефону, пароль і IP адреса контролера, якщо необхідно обмінюватися ні з модемної станцією, а з мережевим контролером. Таким чином, користувач зможе отримати доступ до ISaGRAF - контролерам зі свого комп'ютера з будь-якої точки світу, проконтролювати їх роботу і навіть перепрограмувати в реальному часі.

Проведені лабораторні випробування розроблених систем температурного моніторингу показали, що серйозним недоліком створюваних систем є велика кількість кабелів - сигнальних, інтерфейсних, живлення, що в умовах будівельного майданчика призводить до зниження надійності системи моніторингу, і як наслідок, не отриманню необхідних даних.

Для усунення цього недоліку найбільш перспективним шляхом є рішення на основі бездротових датчиків температури і модулів збору даних малої споживаної потужності [15-16]. В даний час є численні рішення з побудови бездротових систем моніторингу, які побудовані на різних фізичних принципах і використовують різні технології бездротової передачі даних: Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee [17]. Найбільш перспективним є застосування пристроїв, що працюють в частотних діапазонах 433 МГц, 866 МГц. Хоча швидкість передачі радіомодемів 433 МГц нижче, ніж у технології 2,4 ГГц, перевагою смуги 433 МГц є можливість зв'язку на великі відстані. Отже, ця частота підходить, коли передається невеликий обсяг даних або коли між передачами існує великий інтервал часу, але передача здійснюється на великі відстані як в нашому випадку при моніторингу температури бетону, що твердіє.

Використовуючи радіомодем RFU-433 фірми ICP DAS можна подовжити лінію RS-232 / RS-485 радіопослуга і передавати дані в прозорому режимі, використовуючи смугу частот 433 МГц і забезпечуючи дальність передачі даних до 500-1000м (рис. 6).



Рис. 6. Застосування радіомодемів RFU-433 для організації взаємодії HOST комп'ютера і вимірювальної частини.

Шістнадцять радіочастотних каналів і вісім мережевих груп можуть бути налаштовані, що допомагає уникнути перешкод, що виникають, коли дві мережі RFU-433 працюють поруч. 16 радіочастотних каналів і 8 групових ідентифікаторів можуть бути налаштовані для поділу і управління різними мережами 433 МГц.

Для вимірювань застосовувалися термопари ТХА (К), але можна використовувати і датчики інших типів. Датчики розміщуються в контрольних точках в товщі бетон (рис. 2, 5), дроти яких виводяться на поверхню, де вони за допомогою роз'єму приєднуються до модулів збору даних і температурні дані за допомогою радіомодему передаються в HOST комп'ютер. Якщо ж використовувати датчики температури, які мають вбудований інтерфейс RS-232 або RS-485, то це дозволить звести кількість проводів на будмайданчику до мінімуму.

Такі пристрої [18, 19] об'єднують в собі датчик і перетворювач, який обробляє показання з датчика і передає їх через інтерфейс RS-485. Він підключаються в промислову мережу з інтерфейсом RS-485 (протокол ModBus RTU) і забезпечує постійне вимірювання температури. При зверненні до нього (процедура читання регістрів) здійснюється видача результатів вимірювань і його внутрішніх параметрів. Таким чином, при використанні одного ведучого пристрою (ПК) і однієї лінії зв'язку, з'являється можливість зняття показань з безлічі датчиків в мережі (до 255), шляхом їх послідовного опитування.

Обговорення результатів. Твердіння бетону - технологічний процес формування його структури, і він, в значній мірі, визначає основні експлуатаційні властивості бетону [4]. Відповідно, для моніторингу температури та регулювання необхідних операцій по догляду за бетоном, що твердіє, доцільно використовувати підходи, апаратне і програмне забезпечення, які добре себе зарекомендували при автоматизації технологічних процесів. Разом з тим необхідно враховувати і специфіку процесу виконання бетонних робіт на об'єкті - будівельному майданчику: віддаленість від ліній комунікації, робота системи одночасно з процесом бетонування в будь-який час дня і ночі, в будь-який час року, порівняно коротка тривалість процесу і ін.

Для реалізації цього завдання запропоновано використовувати розподілену систему збору даних на основі серійно випускаються модулів, які забезпечують збір і передачу вимірної температурної інформації на віддалений комп'ютер для подальшого аналізу, побудови математичної моделі процесу і перевірки адекватності наявної моделі, видачі рекомендацій будівельникам.

Висновки. Застосування розробленої автоматизованої системи безперервного температурного моніторингу твердіння бетонів дозволить підвищити достовірність, надійність температурних вимірювань, зменшить ймовірність виникнення гранично

допустимих температурних напружень в монолітних конструкціях і зниження їх міцності, за рахунок оперативної обробки температурних даних і видачі відповідних рекомендацій будівельникам по догляду за бетоном.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Hintzen W., Thielen G. Influences of concrete technology on cracking due to the heat of hydration (Part 1). *Beton*. 1999. 10. S. 595-599.
2. Hintzen W. Zum Verhalten des jungen Betons unter zentrischem Zwang beim Abfließen der Hydratationswärme. Dissertation RWTH Aachen University, 1998. H. 59.
3. ACI 207.2R-07 Report on Thermal and Volume Change Effects on Cracking of Mass Concrete. Farmington Hills. ACI, 2007.
4. Бельх И.М., Сопов В.П. Оценка динамики прочности твердеющего бетона по величине его экзотермии. *Науковий вісник будівництва*. 2018. № 1 (91). С. 257-261.
5. Azenha M., Faria R., Ferreira D., Identification of early-age concrete temperatures and strains: Monitoring and numerical simulation. *Cement and Concrete Composites*. 2009. vol. 31. pp. 369-378.
6. Gajda. J., and Van Geem. M., Controlling Temperatures in Mass Concrete. *Concrete International*, V. 24. No. 1. Jan. 2002. pp. 59-62.
7. Журов Н.Н., Комиссаров С.В. Система температурно-прочностного контроля бетона в раннем возрасте. *Вестник МГСУ*. 2010. № 4. С. 296-300
8. Промышленные контроллеры и устройства удаленного и распределенного ввода/ вывода. К.: Изд-во А-ТЕКС (IPC2U Group), 2004. 95 с.
9. Интеллектуальные модули удаленного сбора данных и управления NUDAM/ ProSoft. URL: <https://www.prosoft.ru/products/brands/adlink/maps/moduli-sbora-dannykh/419112/419129/>
10. Модули сбора данных. Advantech. Промышленная автоматизация. URL: https://www.advantech.ru/products/data-acquisition-modules/sub_data_acquisition_modules.
11. Модули ввода-вывода ОВЕН. Оборудование для автоматизации. URL: <https://owen.ua/ru/moduli-vvoda-vyvoda>.
12. Сопов В.П., Корсун В.Е., Журавлев Ю.В. Система мониторинга твердеющего бетона в конструкциях. *Товарный бетон. Новые возможности в строительных технологиях: Материалы I Международной научно-практической конференции*. Харьков, 2008. С.173-179.
13. Ponnaganti Naganjaneyulu, Balla Pavan Kumar, Naga Harikrishna Vadisala. Large Scale Industrial Temperature Monitoring and Control System using Labview Through USB (Manual and Automatic Modes). *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2015. Vol. 4. Issue 10.
14. Программное обеспечение ISaGRAF Soliton control systems. URL: <http://www.soliton.com.ua/catalog-industrial-software-isagraf.htm>.
15. Manzari S., Musa T, Randazzo M., Rinaldi Z., Meda A., Marrocco G. A Passive Temperature Radio-Sensor for Concrete Maturation Monitoring. *IEEE RFID Technology and Applications Conference (RFID-TA)*, 2014.
16. Cabezas J., Sanchez-Rodriguez T., Gomez-Galan J.A., Cifuentes H., Carvajal G.R. Compact Embedded Wireless Sensor-Based Monitoring of Concrete Curing. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5877302/>.
17. Носенко В.А., Силаев А.А., Ефремкин С.И. Обзор беспроводных технологий, применяемых для автоматизации технологических процессов. *Инженерный вестник Дона*, 2019. №1. С. 56-61.
18. Датчики температуры и влажности с интерфейсом RS-485 (ТСМР/ТСПР/ ТХАР/ТХКР/ ДВТР). Каталог продукции НПФ «РегМик», 2012. 56 с.
19. Датчик температуры с интерфейсом RS-485 РТС-095 «ПРОФИТТ» Профессиональное телевизионное оборудование. URL: <http://www.profit.ru/RUSSIAN/ptc095.html>.

REFERENCES:

1. Hintzen W., Thielen G. Influences of concrete technology on cracking due to the heat of hydration (Part 1). *Beton*. 1999. 10. S. 595-599.
2. Hintzen W. Zum Verhalten des jungen Betons unter zentrischem Zwang beim Abfließen der Hydratationswärme. Dissertation RWTH Aachen University, 1998. H. 59.
3. ACI 207.2R-07 Report on Thermal and Volume Change Effects on Cracking of Mass Concrete. Farmington Hills. ACI, 2007.

4. Вельх Y`.M., Sopov V.P. Ocenka dy`namy`ky` prochnosty` tverdeyushhego betona po vely`chy`ne ego эkзotерmy`y`. Naukovy`j visny`k budivny`cht-va. 2018. # 1 (91). S. 257-261.
5. Azenha M., Faria R., Ferreira D., Identification of early-age concrete temperatures and strains: Monitoring and numerical simulation. Cement and Concrete Composites. 2009. vol. 31. pp. 369-378.
6. Gajda J., and Van Geem. M., Controlling Temperatures in Mass Concrete. Concrete International, V. 24. No. 1. Jan. 2002. pp. 59-62.
7. Zhurov N.N., Komissarov S.V. Sistema temperaturno-prochnostnogo kontrolya betona v rannem vozraste. Vestnik MGSU. 2010. # 4. S. 296-300.
8. Promyishlennyye kontrollery i ustroystva udalennogo i raspredelennogo vvoda/ vyi-voda. K.: Izd-vo A-TEKS (IPC2U Group), 2004. 95 s.
9. Intellektualnyie moduli udalennogo sbora dannyih i upravleniya NUDAM/ ProSoft. URL: <https://www.prosoft.ru/products/brands/adlink/maps/moduli-sbora-dannykh/419112/419129/>
10. Moduli sbora dannyih. Advantech. Promyishlennaya avtomatizatsiya. URL: https://www.advantech.ru/products/data-acquisition-modules/sub_data_acquisition_modules.
11. Moduli vvoda-vyivoda OVEN. Oborudovaniye dlya avtomatizatsii. URL: <https://owen.ua/ru/moduli-vvoda-vyvoda>.
12. Sopov V.P., Korsun V.E., Zhuravlev Yu.V. Sistema monitoringa tverdeyushchego betona v konstruktsiyah. Tovarnyy beton. Novyye vozmozhnosti v stroitelnyih tehnologiyah: Materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Harkov, 2008. S.173-179.
13. Ponnaganti Naganjaneyulu, Balla Pavan Kumar, Naga Harikrishna Vadisala. Large Scale Industrial Temperature Monitoring and Control System using Labview Through USB (Manual and Automatic Modes). International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2015. Vol. 4. Issue 10.
14. Programmnoe obespechenie ISaGRAF Soliton control systems. URL: <http://www.soliton.com.ua/catalog-industrial-software-isagraf.htm>.
15. Manzari S., Musa T, Randazzo M., Rinaldi Z., Meda A., Marrocco G. A Passive Temperature Radio-Sensor for Concrete Maturation Monitoring. IEEE RFID Technology and Applications Conference (RFID-TA), 2014.
16. Cabezas J., Sanchez-Rodriguez T., Gomez-Galan J.A., Cifuentes H., Carvajal G.R. Compact Embedded Wireless Sensor-Based Monitoring of Concrete Curing. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5877302/>.
17. Nosenko V.A., Silaev A.A., Efremkin S.I. Obzor besprovodnyih tehnologiy, primenyaemyih dlya avtomatizatsii tehnologicheskikh protsessov. Inzhenernyiy vestnik Dona, 2019. #1. S. 56-61.
18. Datchiki temperatury i vlazhnosti s interfeysom RS-485 (TSMR/TSPR/ THAR/THKR/ DVTR). Katalog produktsii NPF «RegMik», 2012. 56 s.
19. Datchik temperatury s interfeysom RS-485 PTC-095 «PROFIT» Professionalnoe televizionnoe oborudovanie. URL: <http://www.profit.ru/RUSSIAN/ptc095.html>.

Sopov V.P., Korsun V.E., Zhuravlov Y.V. AUTOMATED TEMPERATURE MONITORING CONCRETE HARDENING PROCESS. One of the necessary technological methods to ensure the crack resistance of massive concrete structures is to monitor temperature changes in different parts of the structure for timely registration of unacceptable temperature gradients and appropriate care for hardening concrete. Variants of construction of the automated software and hardware complex of measurement of temperature of concrete in a design, storage and transfer of the received data to the remote computer for their further analysis and issue of the corresponding recommendations on care in the course of hardening of concrete are considered. Its feature is the use of commercially available components, flexibility, scalability.

Key words: concrete hardening, heat evolution, temperature monitoring, automated system, temperature sensors, distributed data collection system.