

УДК 681.5:621.314.57

© С.М. Ткаченко

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ТЕРМОМЕТРІЇ ЗЕРНА В СИЛОСАХ ЕЛЕВАТОРА З ПІДВІСКАМИ НА ОСНОВІ ТЕРМОПАР

© S. Tkachenko

MODERNIZATION OF THERMOMETRY SYSTEMS IN GRAIN SILO ELEVATOR WITH THERMOCOUPLESPENDANT

Показано шляхи модернізації і технічні рішення для систем термометрії, побудованих на основі термопар із застосуванням серійного обладнання.

Показаны пути модернизации и технические решения для систем термометрии, построенных на основе термопар с применением серийного оборудования.

Вступ. На сьогоднішній день рід елеваторів України використовують системи термометрії в силосах, які побудовані на основі термопарних первинних перетворювачів. Перш за все сюди можна віднести металічні елеватори на основі досить поширених силосів фірми GSI, де термометрія часто поставляється у комплекті з технологічним обладнанням. Українські виробники термометрії елеваторів мають порівняно невеликий досвід з такими системами, оскільки, так історично склалося, були орієнтовані на використання мідних терморезисторів [1].

З іншого боку, сучасні системи термометрії орієнтуються на використання цифрових датчиків переважно фірми Dallas, які не потребують періодичної калібровки на відміну від мідних. Також термопідвіси на цифрових датчиках більш дешеві, хоча і частіше виходять з ладу через недосконалість конструкції та схем захисту від статичної електрики[2].

Проблема полягає в тому, що елеватори з термопарними підвісками будувались переважно у двохтисячні роки і їх первинні перетворювачі переважно у відмінному стані, чого не можна сказати про комутаційне, відображувальне та реєстраційне обладнання. Системи термометрії на термопарах в Україну поставляли переважно американські фірми, такі як Rolfes, SafeGrain Inc, або їх польські представники. Це обладнання унікальне, використовує застарілу елементну базу і на сьогодні витратне у ремонті і обслуговуванні. Сама система є закритою, що суттєво ускладнює залучення інших програмно-технічних засобів для обробки даних з температури.

Таким чином, виникає актуальна задача модернізації систем термометрії на термопарах з метою отримання нових експлуатаційних якостей, а саме: спрощення ремонту та обслуговування систем термометрії, можливість залучення до цих робіт штатного персоналу елеватора, побудови відкритої системи термометрії для автоматизації зберігання, обліку та обробки даних з температури зерна, що зберігається.

Мета досліджень. Виходячи з аналізу обладнання термометрії силосів елеватора на основі термопар, обґрунтувати напрям і шляхи вирішення задачі модернізації систем термометрії відповідного типу, що здатне внести нові якості з обліку і аналізу процесів самозігрівання зерна, яке зберігається у вертикальних ємностях елеватора.

Основний матеріал досліджень. Як типову, розглянемо термопідвіску на термопарах, які поставляє системи Rolfes Boon[3]. Зважаючи на невеликий необхідний діапазон вимірюваних температур, приблизно від -20 до 70 градусів Цельсія, вона використовує найдешевші датчики Т-типу – пара «мідь-константан». Є чотири типи термопідвіски, які класифікуються у відповідності до кількості дротів виводу сигналів з термопар: 6 Т/С, 12 Т/С, 18 Т/С і 21 Т/С.

У вказаних типах термопідвісок мідні дроти згруповані по 6 провідників (а для 21 Т/С – 7 провідників), причому на кожну групу дається один загальний константановий провід. Групи електрично ізольовані одна від одної, кожен провід групи має кольорове маркування. Такі термопідвіски повинні підключатися до каскаду комутаційних шаф з виходом на один або кілька аналого-цифрових перетворювачів.

На сьогодні є кілька оригінальних рішень для систем термометрії на термопарах[3, 4]:

1. Використання переносного приладу з ручним селектором групи провідників у підвісці та самої термопари, а також вимірювачем температури з деяким індикаторним таблом або стрілковим прибором. Використовується для елеваторів невеликого розміру;

2. Використання стаціонарного приладу з ручним багаторівневим селектором груп підвісок, підвіски, групи провідників у підвісці та термопари, а також вимірювачем температури з деяким індикаторним таблом або стрілковим прибором;

3. Використання стаціонарного приладу з автоматичним багаторівневим селектором-вимірювачем з функціями виводу температури на рідинно-кристалічний або діодний дисплей та на принтер, як правило, матричний Epson LX-300 або LX-810;

4. Використання автоматизованого робочого місця на базі автоматичного селектора-вимірювача та персонального комп'ютера зі специфічною програмою, такою як програма системи «Сканцентр 2010» від Rolfes, яка не підтримує відкриті системи.

Перше рішення для дослідження не представляє інтересу, оскільки не містить складних проміжних комутаторів. Окрім того, переносний прилад може для ремонту чи обслуговування досить просто висилатись Виробнику та бути заміненим із запасного комплекту. Далі розглянемо стаціонарні системні рішення.

Найбільш складний варіант системи буде виглядати, як показано на рисунку 1[3], взятому з офіційної інструкції з установки та експлуатації.

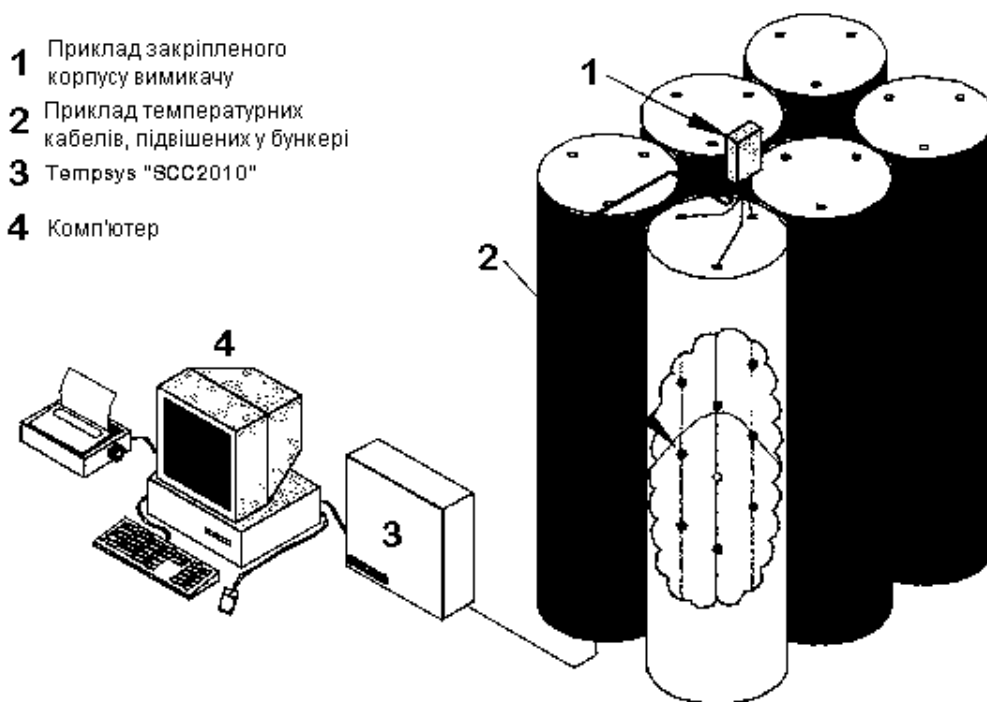


Рис. 1. Приклад системи термометрії «Сканцентр 2010» від Rolfes

Виробники серійних систем і засобів промислового керування не зацікавлені у розробці засобів термометрії, тому на ринку домінують вузько спеціалізовані організації. Їх технічні рішення за умов послабленої конкуренції застарівають і, у результаті, призводять до здорожчання або унеможливлення своєчасного ремонту та обслуговування системи. У випадку з системами на термопарах, як видно з рисунка 1 та з інструкції[3], зрозуміло, що стаціонарні системи використовують вузли комутації аналогових вимірювальних каналів незалежно від конкретного варіанту системи. Для комутації використовуються герконові, або реле з посрібненими(позолоченими) контактами, що випускаються, як правило, самим Виробником системи термометрії і мають високу вартість. З цієї причини модернізації підлягає все комутаційне та перетворююче обладнання системи, за винятком лише термopідвісок.

З точки зору керування, задача системи термометрії полягає в отриманні динаміки температурного поля $D(t)$, причому достатня дискретизація часу $t - 1$ разу на добу для зберігання сирого зерна. Стале підвищення температури є ознакою появи джерела самозігрівання, що вимагає додаткових заходів для його усунення. Таким чином,

$$D(t) = f(T, B, t), \quad (1)$$

де T – множина температур, що буде отримана за один сеанс вимірювання температури;

B – координатний базис температурного поля елеватора, що впливає з просторового розміщення точок вимірювання температури.

Визначимо координатний базис B . Як показано на рисунку 2, однією з координат базису є силос зберігання, або бункер. Справді, зерно в одному силосі, температуру якого контролює група датчиків, як правило, є однієї культури, одного сорту та з близькими показниками вологості. Нехай елеватор має S силосів. Кожний силос має у своєму складі P підвісок, кожна з яких асоційована з деякою множиною датчиків, упорядкованих по вертикалі. Але упорядкування нерівномірне, тому що конструкція підвіски така, що може включати в себе від однієї до трьох груп датчиків.

У загальному вигляді координати точки вимірювання температури у базисі визначаються B як $b(s; p; g; n)$, де s – номер силосу або іншої технологічної ємності, p – номер підвіски у силосі, g – номер групи датчиків у підвісці, n – номер датчика у групі. Реальна кількість датчиків в окремих підвісках може бути меншою, але загальний конструктив кабелю підвіски зберігається.

Базис B досить умовний, але має прив'язку до реального розміщення точок вимірювання через технологічну принципову схему елеватора, де вказані номери силосів та технологічних бункерів, а також через схему розміщення підвісок у силосі, яка складена під час монтажу системи на підприємстві або є готова в інструкції з монтажу. Така схема показана на рисунку 2.

Знаючи номер силоса, номер підвіски і номер датчика у підвісці (порядок розміщення – перший знизу, останній згори) можна визначити реальні просторові координати точки вимірювання температури і, можливо, нештатні причини самоігрівання.

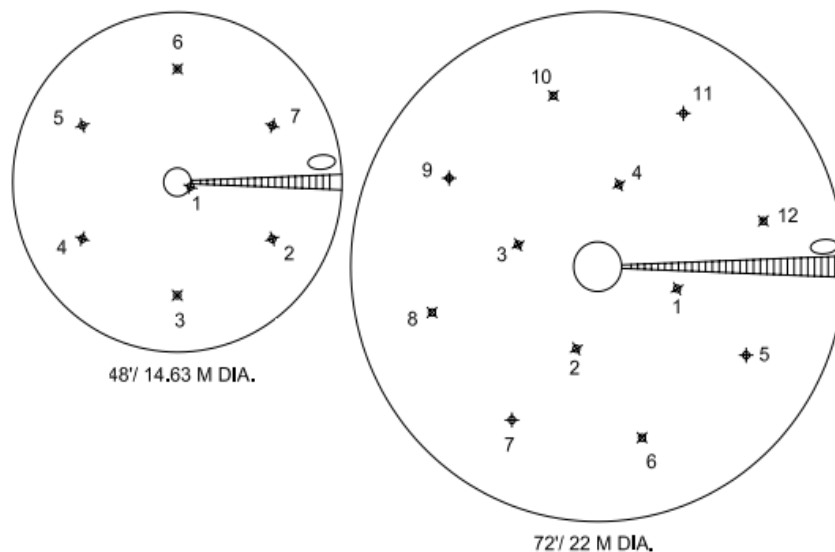


Рис. 2. Приклад схеми розміщення термпідвісок у металевих силосах і бункерах елеватора

Координатний базис B є основою для розробки мнемосхем відображення просторового температурного поля та, за необхідності, графіків динаміки температурного поля у часі. Але він не враховує всі особливості реалізації монтажних та схем комутації точок вимірювання температури у системах термометрії. Для обґрунтування комутаційного координатного базису C розглянемо схематичне рішення системи «Сканцентр 2010» [3].

Для термопідвісок в загальному випадку використовується шина керування «секціями» (такий термін вжито в інструкції) на 21 жилу, яка у формі одинично-позиційного коду послідовно подає живлення на релейні плати керування, які комутують всі датчики трьох можливих груп окремої підвіски на 21 мідний провід шини вимірювальних сигналів за одне переключення на шині. Відповідно, перемикання між групами термопідвіски, а також комутація окремих каналів термопар виконується на центральному контролері SCS2010 або 2005.

Кожна релейна плата керування обслуговує до восьми підвісок, які підключаються одинично-позиційним антикодом (замість одиниці подається нуль) через 9-жильну шину керування підвісками. Таким чином, умовна одиниця з шини керування «секціями», подана на реле плати керування з одного боку та умовний нуль поданий на те ж реле з шини керування підвісками призводить до його замикання і підключення відповідної вимірювальної плати підвіски на канал вимірювання. Вся комутаційна схема розміщується у релейній шафі, яка названа Виробником «мультиплексор». Вона дозволяє отримувати вимірювальний сигнал від 168 підвісок по 21 вимірювальній точці кожна. Окремий мультиплексор, у свою чергу, обирається за допомогою двійкового коду, що складається з п'яти розрядів. Таким чином, система підтримує до 32 вимірювальних мультиплексорів і дозволяє працювати з 54016 термопідвісками. Насправді, така кількість термопідвісок елеватору не потрібна, навіть великі підприємства обмежаться 300-400 штуками. Надмірність використовується лише для забезпечення гнучкості рішень під технологічні схеми та топологію конкретних елеваторів. Тим не менш, комплект кабелів системи термометрії у загальному випадку передбачає прокладку до 24 провода вимірювання (до 21 мідних додається ще 3 константових проводи), до 24 провода керування «секціями», 9 проводів керування підвісками, 14 додаткових проводів керування «секціями» [3] або 7 проводів керування мультиплексорами. Тобто на прилад або блок селекції та вимірювання температури можуть зводитись понад 70 проводів сигнальних та вимірювальних ланцюгів.

Власне, координатний базис C системи термометрії Rolfes задає координати точки вимірювання температури як $c(m; a; p; g; n)$, де m – номер мультиплексора, a – номер «секції» вимірювання.

Розглянемо можливі варіанти модернізації, що можуть вимагатись Замовником:

1. Є необхідність побудови відкритої системи термометрії;

2. Є необхідність заміни (вихід з ладу на фоні неможливості або недоцільності ремонту через моральну застарілість) стаціонарного селектора-вимірювача, незалежно від того, був він ручний, автоматичний чи працював разом з персональним комп'ютером;

3. Є необхідність заміни вимірювальних або сигнальних ліній системи;

4. Є необхідність заміни релейних мультиплексорів у надсилосній галереї елеватора.

Варіант, коли потрібно модернізувати підвіски не розглядається, оскільки в цьому випадку доцільно впровадити іншу систему.

Перші два випадки за шляхом вирішення об'єднуються в один, оскільки:

1. Програма системи «Сканцентр 2010» є закритою і не модернізується. Тому в будь-якому випадку повинна розроблятися інша програма з функціями відображення і зберігання даних у базах відкритих форматів;

2. Протокол обміну програми «Сканцентр 2010» з селектором-вимірювачем «SCC2010» закритий. Його дослідження і використання не лише складна задача, а також і не санкціоноване Виробником обладнання;

3. Незалежно від того, селектор-вимірювач працює разом з комп'ютером, як «SCC2010», є автономним пристроєм, як «Сканцентр 2005» чи навіть приладом з ручною комутацією, його функції можуть бути реалізовані за допомогою апаратури серійних промислових контролерів.

Шлях модернізації по п.1 і 2 – розробити автоматизоване робоче місце, АРМ, оператора термометрії що включає: програму візуалізації динаміки температури D та поточного стану силосів елеватора з урахуванням просторового базису B ; базу даних температур для зберігання динаміки D у форматі, що годиться для побудови відкритих систем; вимірювач температур за сигналами з термопар; селектор, що дозволяє підключити потрібну точку вимірювання чи групу таких точок.

У якості інструменту для реалізації програми візуалізації рекомендовано використовувати мови мігруючого програмного забезпечення з розвинутими засобами роботи з базами даних. Таким засобом є, наприклад, Java. Використання середовищ SCADA не бажане, оскільки їх скрипти вимагають встановлення SCADA для доступу до даних. Мобільні засоби обчислювальної техніки відразу втрачають можливість роботи з термометрією. Окрім того, SCADA-ліцензії платні, причому витрати залежать від кількості точок контролю чи вимірювання. Кількість точок для термометрії складає тисячі або десятки тисяч, тому підприємство повинно мати найдорожчу, необмежену ліцензію на SCADA. Такі ліцензії в Україні мають лише крупні зернові корпорації.

Вимірювач температур та селектор може представляти собою як єдиний, так і групу пристроїв, виконаних на елементній базі промислових контролерів. Загальна вимога – стандартний протокол зв'язку з комп'ютером АРМ термометрії. Вимірювач температури – це аналого-цифровий перетворювач, АЦП. Для того, щоб спроектувати селектор, визначимо кількість каналів цього АЦП.

Показано, координатний базис C задає координати точки вимірювання температури як $c(m; a; p; g; n)$, причому загальні для B і C координати $h(g; n)$ визначають точку вимірювання температури в межах термopідвіски p . У системах типу Rolfes Boon перебір точок вимірювання $h(g; n)$ виконується локально на вимірювачі, а селектор виконує керування мультиплексорами та підвісками за координатами $g(m; a; p)$.

Розглянемо, як модернізація виконана на елеваторі підприємства АТ «Київ-Атлантик Україна». Тут було кілька силосів з п'ятьма мультиплексорами, між якими розподілена 61 підвіска з кількістю датчиків від 9 до 11, розміщених на відстані 2 м один від одного. Це досить помірні показники за кількістю точок вимірювання, які показують, що функція $h(g; n)$ для підключення датчика до одного каналу АЦП не перевищить 11. Тому доцільно при складанні алгоритму перебору точок вимірювання температури однієї підвіски доцільно перейти до виразу $h(y)$, де

$$y = q_1(g - 1) + n, \quad (2)$$

де $q_1 = 6$ – кількість датчиків у групі термopідвіски для даного випадка.

При цьому, якщо використати одно каналний АЦП, то для вимірювача температур по підвісці знадобиться пристрій з 11 релейними ключами.

Тепер обґрунтуємо вимоги до селектора. На підприємстві, за вихідними даними, встановлено 5 мультиплексорів. Для звернення до них, враховуючи передбачене схемою використання двійкових комбінацій, достатньо 3 релейних або транзисторних ключі селектора.

Через територіальну розподіленість системи, кількість «секцій», тобто релейних плат на один мультиплексор не перевищує 3, вони розподілені відносно рівномірно, і одна плата опитує 8 підвісок. Оскільки тут використовується одинично-позиційний код, для комутації необхідно використати 11 ключів. Для комутації підвісок з різних секцій і мультиплексорів селектор використає, функцію $g(z)$, де

$$z = q_2 m + q_3 a + \dot{p}, \quad (3)$$

де $q_2 = \overline{1; 5}$ – кількість мультиплексорів для даного випадка;

$q_3 = \overline{1; 3}$ – максимальна кількість «секцій», тобто релейних плат на один мультиплексор;

$\dot{p} = \overline{1; 8}$ – номер підвіски в межах релейної плати.

Таким чином, для реалізації селектора потрібно комутаційних 14 ключів.

У результаті, впроваджена система, яка використовує промисловий контролер Simatic 1214C, який має на борту 10 релейних ключів, навісну плату SB 1231 TC з моноканалом для термопар та додатково модуль виводу SM 1222 з 16 релейними виводами. Потреба у комутаційних ключах для вимірювача і селектора задовільнена. В контролері реалізоване автоматичне керування селектором і вимірювачем, зберігання масиву температур за базисом C , який зведено у двомірний масив з координатами згідно (2) і (3). До масиву температур може бути організовано доступ через Ethernet засобами SCADA, але у даному випадку Замовник з міркувань вартості побажав використати Java-технологію та базу даних з підтримкою SQL, як і рекомендується у цій статті.

Розглянемо випадок, коли модернізація повинна виконуватись по варіантам 3 і 4. Тобто вийшли з ладу сигнальні лінії або елементи вимірювальних мультиплексорів.

Для прикладу, візьмемо елеватор ТОВ «Елеватор-Агро», розташований у селі Червонозаводське у Полтавській області. За результатами проведеного обстеження, тут розташовано 6 силосів GSI на 24 термopідвіски з кількістю датчиків від 16 до 17 на підвіску, тобто підвіски 18 Т/С, та 6 силосів GSI на 24 термopідвіски 3 термopідвіски по 10 датчиків, тобто підвіски 12 Т/С. Кожен силос на 24 підвіски має власний мультиплексор, тобто перші координати базису розміщення B і монтажного C співпадають, як співпадають і координати по підвіскам: p, g і n . Для силосів на 3 термopідвіски існує власний мультиплексор, один на всіх.

Розглянемо найгірший випадок, коли заміні підлягає як обладнання мультиплексора, так і лінії системи. В такому випадку доцільно відмовитись від довгих вимірювальних і керуючих ліній, замінивши все на промислову мережу. Такою мережею, у найпростішому випадку може бути підтримуваний більшість промислових контролерів ModBus RTU. Використовуваний мережею інтерфейс RS-485, за необхідності, може бути обладнаний додатковими засобами іскрозахисту, що важливо при зберіганні олійних культур [2]. Звичайно, при цьому необхідна прокладка кабелю для RS-485 замість груп мідно-константанових кабелів, що використовують системи типу Rolfes Voop. Збірковий контролер, на зразок Simatic 1214C, який використовувався для варіантів 1 і 2 модернізації, необов'язковий, достатньо застосувати прилад узгодження RS-485 з інтерфейсами персонального комп'ютера АРМ термометрії. Тоді алгоритм керування вимірюванням має бути реалізованим на самому комп'ютері.

Основна складність модернізації полягає в тому, що більшість промислових контролерів звичайного виконання працюють у діапазоні температур від 0 до 55 градусів Цельсія, що неприйнятно для експлуатації на відкритій галереї. Тому для модернізації мультиплексорів термометрії у надсилосній галереї елеватора рекомендується порівняно дешева вітчизняна серія контролерів ОВЕН (випускається у м.Харків). Переваги контролерів ОВЕН:

1. Універсальне живлення апаратури від мереж +24 В та ~220 В, що дозволяє їх живити від силових ланцюгів надсилової галереї і економити, таким чином, на прокладці окремої мережі +24 В[5];

2. Порівняно з комплектуючими світових виробників нижча ціна, приблизно на 30%. Окрім того, вони не обкладаються 20% ПДВ, що є важливим фактором для Виробника і Споживача системи термометрії;

3. Робочий діапазон температур від -10 до 55 градусів Цельсія, що певною мірою дозволить зекономити на засобах опалення шафи[5];

4. Навіть окремі модулі вводу-виводу підтримують мережу ModBus RTU, що дозволяє відмовитись від центрального збіркового контролера[5].

Для отримання та оцифрування сигналів з термопар окремої підвіски пропонується відійти від системи координат $h(y)$, що застосовано в реалізаціях

Rolfes та в модернізації за варіантами 1 і 2. Візьмемо початкову функцію $h(g;n)$ в якій координату n можна реалізувати на рівні монтажу. Для цього

приймаємо 8-канальний універсальний (у тому числі придатний до термопар) модуль ОВЕН МВ110-8А. До нього легко можна підключити не лише кабелі 6, 12, 18 Т/С, але і нечастий для термопарної термометрії в Україні 21 Т/С, що об'єднує 7 датчиків у підвісці. Таким чином, з'явилась можливість одночасно вимірювати температуру з усієї групи датчиків термopідвіски.

Комутація груп мідних провідників у даному випадку вимагає, за грубим підрахунком, $6 \cdot 3 \cdot 24 = 432$ релейні герконові ключі на один модернізований мультиплексор. Це неприйнятно ні за вартістю, ні за потенційними габаритами такого приладу. Скористаємося підходом конструкторів Rolfes. Константановий провідник всіх термопар у початковому варіанті системи з'єднано в одну електричну точку. Електрична ємність, що при цьому виникає, не заважає отримати дані з температури потрібної точності. Пропонується об'єднати всі мідні провідники всіх підвісок одного мультиплексора (одного силоса на 24 підвіски) таким чином, щоб утворилося 6 (для загального випадка - 7) загальних електричних точок. Причому на першу точку під'єднуються всі перші датчики груп всередині підвісок, на другу – всі другі і так далі до шостих. Отримаємо шість вимірювальних каналів, які будуть постійно підключені до АЦП. Тоді вибір потрібної групи датчиків можна здійснювати шляхом комутації константанових провідників груп всередині всіх підвісок за функцією перебору $l(w)$

$$w = q_4 g + p, \quad (4)$$

де $q_4 = \overline{1;3}$ – кількість груп датчиків на підвіску для даного випадка;

$p = \overline{1;24}$ – номер підвіски в межах мультиплексора (силоса).

Базис C тоді задає координати точки вимірювання температури як $c(m; l(w); n)$.

Об'єднання груп мідних провідників не має негативних наслідків. Об'єднуються групи провідників у загальні електричні точки лише за своїми номерами у підвісках в межах одного мультиплексору (силосу). Паразитна ємність, таким чином, зменшується в десятки разів і не знизить точність вимірювань.

Комутувати константові провідники мідними контактами герконів у даному випадку коректно, оскільки у місцях з'єднань «мідь-константан» утворюються дві протилежно направлені термопари. За умови однакової температури (вони на одному й тому ж контакті), паразитні термопари компенсують одна одну.

У результаті отримаємо шестканальний (за необхідності семиканальний) вимірювач температури груп термопар термопідвісок, показаний на рисунку 3. Тут також показана додаткова термопара, що вимірює температуру всередині шафи комплексу технічних засобів модернізованої системи, оскільки шафи КТЗ розміщені на відкритій надсилосній галереї елеватора.

У випадку використання схеми, показаної на рисунку 3, селектор повинен переключати $24 \times 3 = 72$ константові провідники за допомогою герконових контактів. Тому для селектора буде використано два модулі ОВЕН МУ110-32Р та один ОВЕН МУ110-8Р, що повністю задовольнить потреби у контактах. Такі селектори разом з вимірювачами для розглянутого об'єкта (елеватор ТОВ «Елеватор-Агро») будуть розміщені у три корпуси, що використовувались мультиплексорами на релейних платах.

Розглянемо питання обігріву КТЗ надсилосної галереї. Потужність, необхідну для підтримання необхідної температури всередині шафи КТЗ можна розрахувати по формулі [6]:

$$P = \Delta t(k * S) - P_s \quad (5)$$

де Δt – різниця температур всередині та назовні шафи КТЗ. Прийmemo для зими температури відповідно -10 та -30 градусів Цельсія, для літа - +55 та + 35 градусів Цельсія відповідно. Тоді Δt для і літа зими складе 20 градусів Цельсія;

k – коефіцієнт теплопровідності. Для сталюого корпусу він складає 5,5 Вт/(м*градус Цельсія) [6]. Для холодної пори року передбачемо додаткову ізолюючу пластину з екструдованого пінополістиролу, яку потрібно встановити на передню стінку корпусу шафи КТЗ. Її коефіцієнт теплопровідності він складає 0,036 Вт/(м*градус Цельсія) [7].

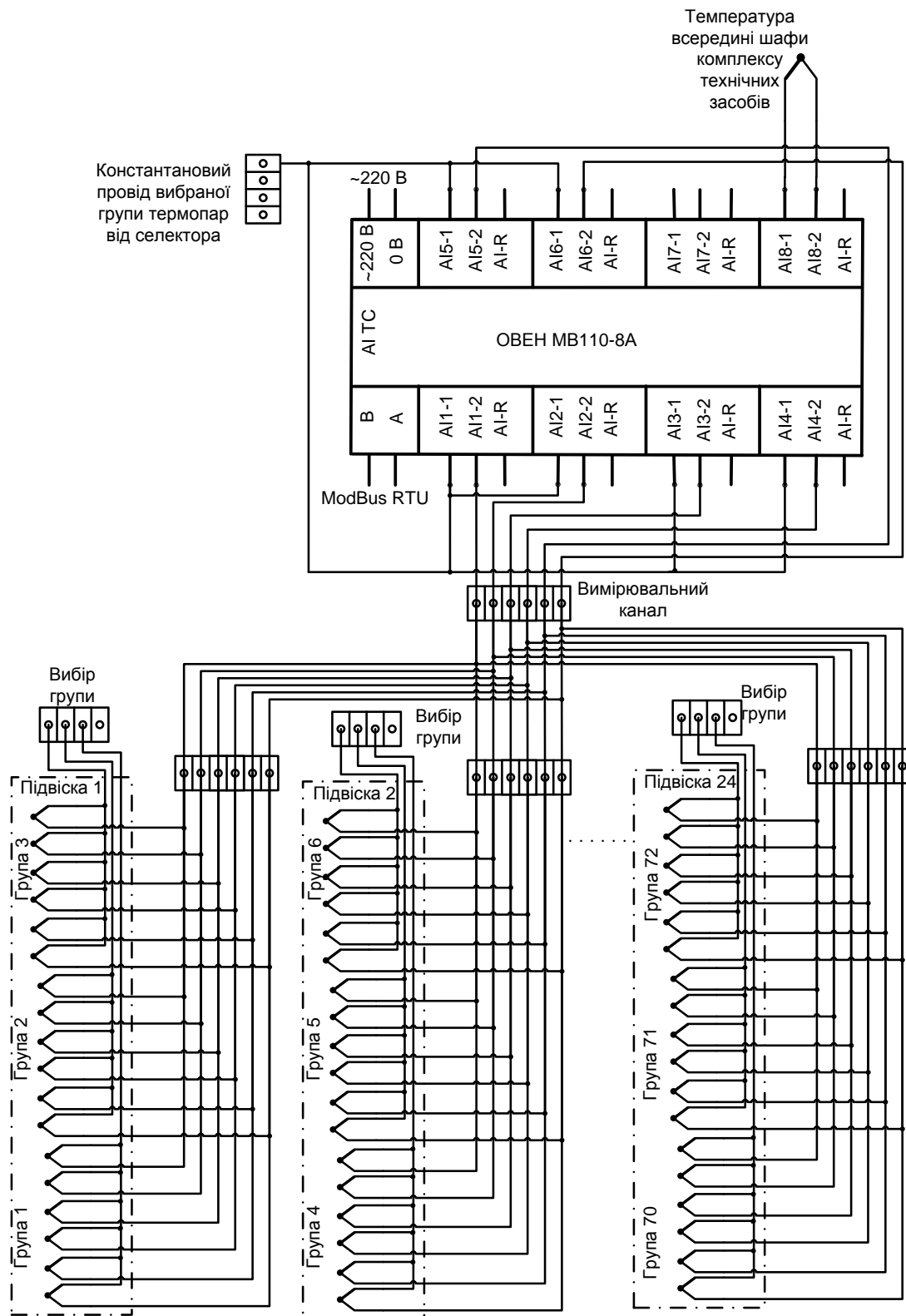


Рис. 3. Принципова схема вимірювача температури груп термопар термопідвісок на базі ОВЕН МВ110-8А

S – площа утеплюваної поверхні. Маємо сталеву шафу IP67 500x400x200.

Для літнього періоду для одного й того ж коефіцієнту теплопровідності площа

поверхні складе $2*0,5*0,4+2*0,5*0,2+2*0,4*0,2 = 0,68 \text{ м}^2$. Для зимового періоду є дві поверхні з різними коефіцієнтами теплопередачі $0,2 \text{ м}^2$ з ізоляцією та $0,48 \text{ м}^2$, без ізоляції.

P_S – потужність, що виділяється апаратурою автоматики, АЦП та модулями виводу ОВЕН. За справочними даними [5], $6 + 2*25 + 6 = 62 \text{ Вт}$.

Застосувавши (5), отримаємо для зими $-9,056 \text{ Вт}$, а для літа $12,8 \text{ Вт}$. Від’ємна потужність обігрівача показує, що шафам він не потрібен. До зовнішньої температури -30 градусів Цельсія апаратура зігріє себе сама. Улітку систему можна нормально експлуатувати при температурі повітря до 35 градусів Цельсія, а при більш точному перерахунку по формулі (5) – до 38 . Тому на період спекотних днів її рекомендується удень відключати.

Висновки. В результаті виконаного дослідження обґрунтовано два напрями вирішення задачі модернізації систем термометрії зерна на елеваторах, що використовують термопідвіски. Показано шлях часткової модернізації з використанням комплексу промислового контролера зі збереженням оригінальних релейних схем комутації у надсилосній галереї елеватора. Також надано технічне рішення з повною заміною апаратури системи термометрії промисловим обладнанням фірми ОВЕН. Переваги розроблених технічних рішень:

1. Система термометрії на відміну від оригінальної стала відкритою. Тобто стало можливо застосовувати загальнозживані програмні інструменти та формати баз даних. Це дозволяє будувати інтегровані та розподілені інформаційні системи підприємства з урахуванням такого важливого технологічного показника як динаміка температурного поля зерна, що зберігається;

2. У варіанті модернізації КТЗ в надсилосній галереї підвищується точність вимірювання, оскільки рішення дозволяє відмовитись від довгих вимірювальних ліній, замінивши їх цифровими каналами. Більшість довжини вимірювальних ліній тепер припадає на саму термопідвіску, яка знаходиться в основному у металевому силосі зверігання, який є екраном для електромагнітних перешкод.

3. Обидва варіанти модернізації спрямовані на застосування серійного обладнання загального вжитку. Тому модернізована система може обслуговуватись неспеціалізованими фірмами з автоматизації або підрозділом з автоматизації самого підприємства.

Перелік посилань

1. «Основные варианты выбора системы термометрии элеватора» Просянык А. В., канд. техн. наук, Соснин К.В., ГНПП «Эльдорадо», г. Днепропетровск // «Хранение и переработка зерна» № 3 март 2008 стр. 29-30.
2. «Питання іскробезпеки при вимірюванні температури в силосах елеваторів» Ткаченко С.М., Маслов А.В. //Національний гірничий університет. Збірник наукових праць. – 2012. – №39 стор. 136-141.
3. Сканцентр 2005 / 2010. Система контролю температури зерна. Інструкція щодо установки та експлуатації. – Boone Cable Works & Electronics, Inc, 2010. – 42 с.
4. Portable Temperature System Instructions. – Safe Grain Inc., 2007. – 16 p.
5. Каталог 2016. Оборудование для автоматизации. – Компания ОВЕН, 2016. – 374 с.

6. http://electro-nagrev.ru/tekhnicheskie_voprosy/raschet-i-podbor-nagrevateley/raschet-moshchnosti-i-podbor-obogrevatelya-shkafov-avtomatiki/. Расчет мощности и подбор обогревателя шкафов автоматики. – Компания Электронагрев, 2012 – 2017.
7. <http://x-teplo.ru/uteplenie/obzory-materialov/tablica-teploprovodnosti.html>. Таблица данных по теплопроводности утеплителей. – Компания X-ТЕПЛО, 2012 – 2017.

ABSTRACT

Purpose. To prove the directions and ways of solving the problem of thermocouples thermometry modernization, that can bring new quality accounting and analysis processes of self-warming grain, which is stored in a silo elevator.

The methods of research is to analyze the advanced equipment and circuit solutions for the elevator thermometry systems based on thermocouples and features of the application on real solutions for elevator thermometry systems.

Findings. Proved that specialized thermometry can realize as open system and can use to solve the thermometry problem industrial automation equipment.

The originality is to determine the modernization ways of thermocouple thermometry systems with using of standard comptrollers, such as Siemens and OWEN.

Practical implications. To develop the circuit solutions for real factories. To prove that the solutions for Ukraine climate does not need heat thermometry system cabinets placed in high gallery if they use the OWEN element base.

Keywords: *thermometry, thermocouples, termopendant, measurer, selector, comptroller.*

УДК 54.061:621.928.45

© Л.І. Цвіркун, Л.В. Бешта

АНАЛІЗ СТАНУ І ВИБІР МЕТОДУ ЗБАГАЧЕННЯ ВУГІЛЬНИХ ШЛАМІВ З МЕТОЮ ПОДАЛЬШОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

© L. Tsvirkun, L. Beshta

ANALYSIS AND SELECTION METHOD OF ENRICHMENT COAL SLUDGE TO FURTHER AUTOMATION

Проведено аналіз стану збагачення вугілля і серед гравітаційних методів виконано вибір найбільш ефективного для збагачення вугільних шламів. Наведено детальний розгляд конструкції і дослідження принципу роботи гравітаційного класифікатора з метою подальшої автоматизації.

Проведен анализ состояния обогащения угля и среди гравитационных методов выполнено выбор наиболее эффективного для обогащения угольных шламов. Приведено подробное рассмотрение конструкции и исследование принципа работы гидравлического классификатора с целью дальнейшей автоматизации.