

Левицький А.В., аспірант
Подчашинський Ю.О., професор
Єфіменко Н.А., професор
Чепюк Л.О., доцент

Державний університет «Житомирська політехніка»

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОШУКУ ВІДПОВІДНИХ ТОЧОК НА СТЕРЕОЗОБРАЖЕННЯХ З ВИМІРЮВАЛЬНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

Проблема знаходження відповідних точок є фундаментальною проблемою при вирішенні задач фотограмметрії, оскільки необхідність суміщення зображень виникає при накладенні триангуляційної сітки для побудови об'ємно-просторового представлення об'єкта (стереозображення). Крім того, подібні проблеми виникають у біомедичних додатках, при вирішенні завдань комп'ютерного зору роботів, при дистанційному зборі даних, що показує практичну корисність автоматичного поєднання зображень.

Вважається, що завдання добре обумовлене (коректно поставлене) [1], якщо:

- розв'язання задачі існує;
- рішення єдине;
- рішення безперервно залежить від початкових даних.

Завдання суміщення зображень є погано обумовленим завданням, тобто порушуються деякі або всі ці умови. Прямий спосіб зробити завдання добре обумовленим полягає в обмеженні простору можливих рішень, наприклад, визначенням меж пошуку.

В даний час існує велика кількість методів суміщення зображень, розроблених для різних обмежень на вихідні дані. Такі обмеження природно виникають при розгляді конкретних практичних завдань і змінюються від завдання до завдання. Загалом усі методи можна поділити на три групи [1]:

- область – орієнтовані методи;
- орієнтовані топологію методи;
- символічні методи.

Можна відзначити, що відсоток помилкових точок при пошуку відповідних точок область - орієнтованими методами - невеликий порівняно з методами з інших груп, але через використання всього обсягу вихідних даних (зображення обробляються цілком) вони дуже трудомісткі з обчислювальної точки зору. У той самий час орієнтовані топологію і символічні методи виробляють поєднання зображень з використанням різноманітних структурних елементів, що менш трудомістко з обчислювальної погляду, оскільки розмірність вхідних даних у цьому підході сильно знижена. Однак саме виділення подібних ознак є важким завданням. Точність виділення ознак прямо-пропорційно впливає на відсоток хибних відповідних точок.

Погана обумовленість завдання суміщення зображень та недоліки існуючих методів наголошують на актуальності розробки методів суміщення зображень, що задовольняють наступним критеріям.

- в результаті пошуку відсоток хибних відповідних точок має бути мінімальним.
- має бути низька обчислювальна трудомісткість методу суміщення зображень.

Через великий обсяг зображень з вимірювальною інформацією (близько 14000x14000 пікселів) пропонується провести сегментацію зображень. Для обробки беруться ті частини зображень, які, згідно з апіорними даними, є зонами перекриття двох зображень стереопари. Після цього зони перекриття рівномірно розбиваються області (розміром 1500x1500 пікселів), у яких відбувається пошук відповідних точок.

Перевірка кожної точки лівого зображення на відповідність точкам правого зображення потребує величезних апаратних та часових ресурсів. При цьому точність пошуку не буде задовольняти вищезазначеним критеріям.

Для зниження обчислювальної складності методу пошуку пропонується застосувати до зображення, що обробляється, апарат двовимірного дискретного вейвлет-перетворення (ДВП) [2]. ДВП дозволяє розкласти будь-яке зображення на кілька рівнів (згладити і при цьому охарактеризувати його коефіцієнтами деталізації: вертикальними, горизонтальними та діагональними).

Список використаних джерел:

1. Schenk T. Digital photogrammetry// Publisher, TerraScience, 1999, 428 p.
2. Stollnitz E.J., Deroose T.D., Salesin D.H. Wavelets for computer graphics. Theory and applications // San Francisco, California: Morgan Kaufman Publishers, Inc., 1996, 245 p.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ СТАНУ ПОВЕРХНІ ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ ЗА ВІДЕОЗОБРАЖЕННЯМИ З ВИМІРЮВАЛЬНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

Проблема оцінки стану поверхні облицювального каменю є досить актуальною для будівельної та виробничої галузей. Для контролю якості поверхні застосовують різні підходи, серед яких поширеними є традиційні методи неруйнівного контролю та сучасні цифрові технології аналізу зображень. Одним із найбільш інформативних способів дослідження поверхні є оптичний аналіз. За допомогою цифрової та конфокальної мікроскопії можна виявляти мікротріщини, пористість, неоднорідності структури та інші дефекти. Конфокальні системи забезпечують формування тривимірної моделі поверхні з високою точністю, однак їх використання потребує дорогого обладнання та складної обробки результатів. Крім того, ефективність оптичних методів значною мірою залежить від освітлення та параметрів оптичної системи [1]. Для оцінювання декоративних характеристик каменю широко застосовують блискоміри. Відомо, що ступінь полірування та шорсткість поверхні безпосередньо впливають на показники блиску. Такі вимірювання виконуються швидко та не потребують складної підготовки, проте вони не дають повної інформації про мікрodefekти поверхні та чутливі до забруднення матеріалу [2].

Поширеним методом визначення параметрів мікрогеометрії є контактна профілометрія. Переміщення щупа по поверхні з фіксацією відхилень профілю дозволяє точно визначати параметри шорсткості та оцінювати якість полірування каменю. Перевагами є висока точність і стандартизованість вимірювань, а недоліки – складність дослідження крихких матеріалів та поверхонь зі складною геометрією. Для виявлення поверхневих тріщин і дефектів складної форми ефективним є капілярний контроль, який має високу чутливість, можливість застосування для різних видів природного каменю та відносно невисоку вартість. Однак результати контролю значною мірою залежать від якості підготовки поверхні та дотримання технології проведення дослідження. Рентгенографія дозволяє оцінювати внутрішню структуру матеріалу та виявляти дефекти, які можуть впливати на якість поверхні тому широко застосовується в неруйнівному контролі матеріалів і дозволяє виявляти порожнини, тріщини та вклучення [3]. Переваги – глибокий аналіз структури, висока інформативність, неруйнівність. Недоліки – висока вартість, потреба в спеціальному обладнанні, обмежене застосування для поверхневих дефектів.

Ультразвуковий метод використовується для оцінки як поверхневих, так і внутрішніх дефектів і базується на аналізі поширення хвиль у матеріалі. Шорсткість поверхні значно впливає на точність ультразвукового контролю через розсіювання хвиль [3]. Переваги – можливість виявлення прихованих дефектів, неруйнівність та придатність для великих об'єктів. Недоліки – залежність від стану поверхні, складність інтерпретації сигналів та потреба в калібруванні.

У даний час особливого розвитку набули методи цифрової обробки зображень, які дають можливість автоматизувати процес контролю якості поверхні та підвищити об'єктивність оцінювання. Цифрові зображення містять значний обсяг інформації про текстуру, колір і геометричні особливості поверхні каменю, однак для їх аналізу необхідне застосування спеціалізованих алгоритмів [4]. Класичні алгоритми цифрової обробки ефективні на етапі попереднього аналізу зображень, але мають обмежені можливості при роботі зі складними текстурами. Методи машинного навчання забезпечують вищу адаптивність, хоча їх точність залежить від правильності вибору ознак. Перспективними вважаються згорткові нейронні мережі, які автоматично виділяють інформативні ознаки та демонструють високу стійкість до шумів, але потребують значних обчислювальних ресурсів і великих наборів навчальних даних.

Отже, контроль якості поверхні облицювального природного каменю доцільно здійснювати на основі комплексного поєднання кількох методів, оскільки кожен із них має власні переваги та обмеження.

Список використаних джерел:

1. Leach R. Optical Measurement of Surface Topography. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12012-1>
2. Шамрай В. І. Управління декоративними показниками природного каменю на основі фактурної обробки: монографія. Житомир: «Житомирська політехніка», 2021. 134 с.
3. Hellier C. Handbook of Nondestructive Evaluation. 2nd ed. McGraw-Hill, 2013. 720 p.
4. Подчашинський Ю. О. Кирилович В. А., Лугових О. О. Застосування автоматизованих та інформаційних систем з цифровими зображеннями при відкритій розробці родовищ природного каменю. URL: [https://doi.org/10.26642/ten-2022-2\(90\)-161-169](https://doi.org/10.26642/ten-2022-2(90)-161-169).

МЕТОД СТАТИСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПОЛІГРАФІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ ШУХАРТА

Стабільність технологічних параметрів поліграфічного виробництва є визначальним чинником якості друкованої продукції. Основними параметрами мікроклімату, що впливають на технологічний процес друку, є температура та відносна вологість повітря. Коливання цих параметрів призводять до зміни геометричних характеристик паперу, порушення точності суміщення фарб та погіршення якості друку [1]. Стандарт ISO 12647-2 встановлює допустимі відхилення температури в межах ± 2 °C та відносною вологості повітря (RH) в межах ± 5 % ВВ від нормативних значень 20–22 °C та 50–55 % ВВ відповідно [2]. Перевищення цих меж спричиняє лінійне розширення паперу до 0,5 %, порушення суміщення фарб до 0,3 мм та зміну оптичної густини відбитку на 0,05–0,10 D, що виходить за допуски ISO 12647-2 [2]. Сучасні розподілені інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) на базі цифрових сенсорів та мікроконтролерних вузлів формують безперервні потоки вимірювальних даних, що потребують ефективних методів статистичного аналізу для своєчасного виявлення відхилень.

Мета роботи – розробка та обґрунтування методу статистичного контролю параметрів мікроклімату в ІВС поліграфічного виробництва з використанням контрольних карт Шухарта, а також оцінювання його ефективності порівняно з традиційними підходами моніторингу.

Теоретичні основи методу. Метод базується на статистичному контролі технологічних процесів (SPC). Для контролю середніх значень застосовується \bar{X} -карта, а для контролю варіабельності – R-карта розмахів. Вибірки об'ємом $n = 5$ вимірювань формуються кожним польовим вузлом ІВС з інтервалом 30 с. Центральна лінія \bar{X} -карти відповідає цільовому значенню параметра \bar{x}_0 , а верхня (ВКМ) та нижня (НКМ) контрольні межі:

$$\text{ВКМ} / \text{НКМ} = \bar{x}_0 \pm A_2 \cdot \bar{R},$$

де A_2 – коефіцієнт контрольної карти (при $n = 5$: $A_2 = 0,577$);

\bar{R} – середнє розмахів підгруп. Для R-карти: $\text{ВКМ}_R = D_4 \cdot \bar{R}$; $\text{НКМ}_R = D_3 \cdot \bar{R}$, де $D_4 = 2,114$; $D_3 = 0$. Застосовуються вісім критеріїв нестабільності Нельсона: точка поза контрольними межами; дев'ять послідовних точок по один бік від центральної лінії; шість точок у монотонному тренді; два з трьох значень в зоні 2σ – 3σ та ін.

Для оцінювання сукупної стандартної невизначеності вимірювального каналу застосовується методологія GUM (JCGM 100:2008). Невизначеність формується трьома складовими: u_1 – сенсора SHT31 ($\pm 0,3$ °C); u_2 – квантування АЦП 12 біт STM32L476 ($u_2 = 0,003$ °C); u_3 – самонагріву та монтажних теплових потоків ($u_3 \approx 0,05$ °C). Сукупна стандартна невизначеність:

$$u_c = \sqrt{(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2)} \leq 0,18 \text{ °C} (k = 1),$$

що відповідає вимогам ДСТУ ISO 10012 та класу точності ISO 12647-2.

Програмно-апаратна реалізація. Метод реалізовано у триярусній ІВС : польовий рівень – вузли STM32L476 + SHT31 (I²C, 400 кГц, інтервал вимірювання 30 с); транспортний рівень – ESP32-S3 з MQTT-брокером Mosquitto (затримка менше 200 мс); рівень аналізу – сервер InfluxDB + Python SPC (pandas) + Grafana [5]. Модуль SPC щохвилини розраховує \bar{x} та R для підгрупи $n = 5$ і перевіряє вісім критеріїв нестабільності Нельсона. При виявленні порушення автоматично формується сповіщення у Grafana та push-повідомлення оператору. Щомісячний перерахунок \bar{x}_0 та \bar{R} на основі накопичених даних забезпечує адаптивне коригування контрольних меж.

Результати та обговорення. Порівняльний аналіз трьох режимів контролю мікроклімату в поліграфічному цеху площею 200 м² протягом 6 місяців наведено в табл. 1.

Дані табл. 1 підтверджують: застосування \bar{X} /R-карт скорочує частку запізно виявлених відхилень з понад 70 % (ручний контроль) до менше 8 %, а середній час виявлення – з понад 15 хв до менш ніж 2 хв. Стандартне відхилення температури зменшується з 0,62 °C до 0,24 °C, RH – з 3,1 % до 1,1 % ВВ. Кількість аварійних зупинок виробничого обладнання скорочується з 6–8 до 1–2 на місяць, а частка браку – з 12–15 % до 4–6 %. Адаптивне коригування контрольних меж підвищує достовірність результатів вимірювань на 20–30 % порівняно з фіксованими межами.

На рис. 1. Наведено контрольні карти Шухарта для моніторингу температури повітря.

Аналіз рис. 1 ілюструє типовий сценарій порушення стабільності мікроклімату: підгрупи 15–20 демонструють монотонний тренд зростання температури (критерій «шість точок у тренді»), а підгрупи 22 та 24 виходять за верхню контрольну межу. При традиційному пороговому моніторингу це порушення було б виявлено лише у підгрупі 22; застосування критеріїв Нельсона дозволяє ідентифікувати його вже на етапі тренду – у підгрупі 17, що на 25 хвилин раніше.

Табл. 1

Порівняльні показники ефективності методів контролю мікроклімату

Показник	Ручний контроль	ІВС (порогове)	ІВС + Шухарт
Частка браку продукції, %	12–15	8–10	4–6
Запізніше виявлення відхилень, %	понад 70	45–50	до 8
Середній час виявлення відхилення, хв	понад 15	8–12	менше 2
Кількість аварійних зупинок на місяць	6–8	4–5	1–2
Стандартне відхилення T, °C	0,62	0,41	0,24
Стандартне відхилення RH, %	3,1	1,9	1,1
ВВ			

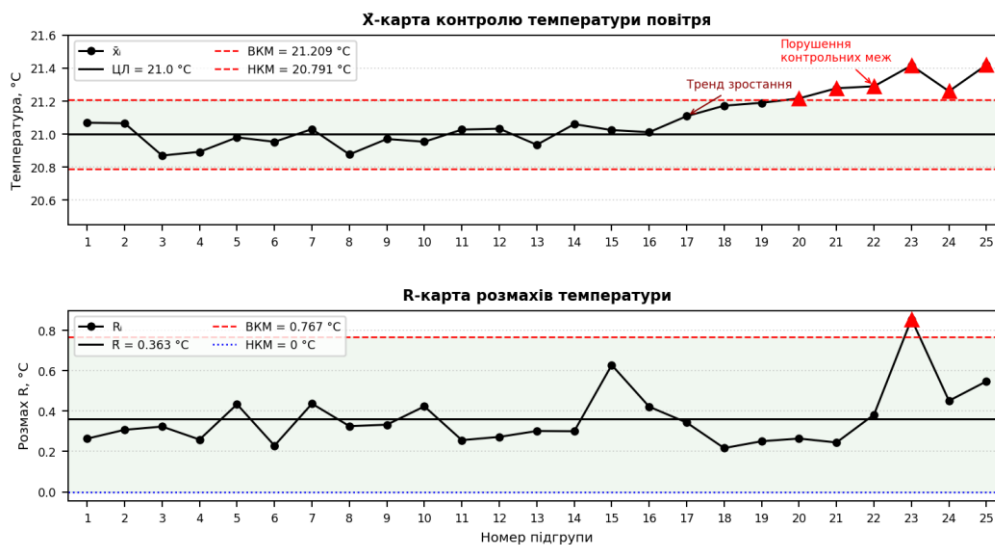


Рис. 1. Контрольні карти Шухарта для моніторингу температури повітря: \bar{X} -карта середніх значень (вгорі) та R-карта розмахів (внизу)

Розроблений метод статистичного контролю параметрів мікроклімату на основі \bar{X} /R-карт Шухарта, реалізований у складі розподіленої ІВС STM32L476/SHT31/MQTT/InfluxDB/Grafana, забезпечує своєчасне виявлення відхилень та є ефективним інструментом підвищення якості поліграфічної продукції. Сукупна стандартна невизначеність вимірювального каналу температури (0,18 °C, $k = 1$) відповідає вимогам ISO 12647-2 та ДСТУ ISO 10012. Перспективами подальших досліджень є впровадження LSTM-нейромереж для прогнозування виходу параметрів за контрольні межі з горизонтом до 30 хвилин.

Список використаних джерел:

1. Montgomery D. Statistical Quality Control / D. Montgomery. – Hoboken: Wiley, 2019. – 768 p.
2. ISO 12647-2:2013. Graphic technology — Process control for the production of halftone colour separations, proof and production prints. Part 2: Offset lithographic processes.
3. STMicroelectronics. STM32L476xx Datasheet. – Rev. 8. – 2023. – 246 p.

Товстік С.О., аспірант
Подчашинський Ю.О., професор
Державний університет «Житомирська політехніка»
Дерев'янюк О.В., доцент
Житомирський професійний ліцей

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Випромінювання з поверхні Сонця характеризується широким енергетичним спектром, що приблизно відповідає енергетичному спектру випромінювання “чорного тіла” при температурі 5800К. Максимум інтенсивності лежить у видимій області спектра (0.35-0.75 мкм), в якій зосереджена майже половина всієї енергії. Решта сонячного випромінювання розподіляється між ультрафіолетовою частиною спектра з довжиною хвиль меншою за 0.3 мкм (менша частина) і інфрачервоною з довжиною хвиль більшою 0.75 мкм (більша частина).

Інтенсивність сонячного випромінювання біля атмосфери Землі дорівнює 1360 Вт/м² – величина відома як сонячна стала АМ0. При проходженні крізь атмосферу Землі інтенсивність сонячного випромінювання зменшується за рахунок його поглинання, розсіювання та відбивання при взаємодії з частинками пилу, з киснем, озоном, вуглекислим газом, парами води. При взаємодії з озоном та киснем поглинання сонячного випромінювання відбувається переважно в ультрафіолетовій частині спектру, водяна пара та вуглекислий газ поглинають переважно в інфрачервоній частині. Тому сонячне випромінювання, яке досягає земної поверхні, має меншу енергію, а його спектр змінюється.

Метод прямого перетворення сонячного випромінювання в електроенергію є, по-перше, найбільш зручним для споживача, оскільки отримується найбільш вживаний вид енергії, і, по-друге, такий метод вважається екологічно чистим засобом одержання електроенергії на відміну від інших, які використовують органічне паливо, ядерну сировину чи гідроресурси.

Завдяки фотоелектриці існують способи перетворення сонячної енергії в електричну енергію постійного струму з впровадженням напівпровідникових матеріалів, які проявляють фотоелектричний результат, явище традиційно досліджується в галузі фізики, фотохімії та електрохімії. Цей результат пояснюється дією фотонів (часток світла), які володіють довжиною хвилі, на електрони напівпровідникової речовини (традиційно, кремнію), в результаті відбувається їх «вибивання», що призводить до виникнення електричного струму). Зокрема, це називається зовнішнім фотоелектом.

Для того щоб наростити ємність установки, що використовує явище зовнішнього фотоелекту, пластинки кремнію (сонячні складові), як правило, поєднують у модулі, які називаються сонячними батареями.

Сонячні батареї виробляють гальванічний струм під дією сонячного світла. Ця електроенергія, в свою чергу, може бути орієнтованою на живлення обладнання та/або для підзарядки акумулятора.

За принципом роботи сонячна батарея являє собою фотоелектричний генератор постійного струму, який використовує ефект перетворення променевої енергії в електричну [1]. Принцип дії сонячної батареї наведено на рис. 1. Точніше, у сонячних батареях використана властивість напівпровідників на основі кристалів кремнію. Кванти світла, потрапляючи на пластину напівпровідника, вибивають електрон із зовнішньої орбіти атома даного хімічного елемента, що створює достатню кількість вільних електронів для виникнення електричного струму. Однак для того, щоб напруги й потужності такого джерела було достатньо для застосування в побутових цілях, одного або двох кремнієвих елементів недостатньо. Тому їх збирають у цілі панелі, де з'єднують паралельно або послідовно. При цьому площа таких панелей може становити від декількох квадратних сантиметрів до декількох квадратних метрів. Збільшуючи кількість панелей можна добитися більшої генерованої потужності сонячною батареєю. Однак продуктивність сонячної батареї залежить не тільки від площі, але також від інтенсивності сонячного світла й кута падіння променів а також від місцевості й географічної широти, де розташована сонячна електростанція, від погоди й пори року, від часу доби.

Існують різні способи, які можуть допомогти збільшити продуктивність сонячних батарей і дістати більш сонячної енергії. Перший спосіб – це відстежувати точку максимальної потужності, а другий – відстежувати розташування Сонця.

Відстеження точки максимальної потужності (ОТММ, англ. Maximum power point tracking, MPPT) виконується з підтримкою особливих контролерів ОТММ, які вбудовуються в більшість сучасних сонячних інверторів. Сутність цього методу полягає в тому, що контролер досліджує вольт-амперну характеристику (ВАХ) сонячної батареї для знаходження оптимального режиму роботи, при якому даної кількості освітленості стане достатньо для вироблення максимальної кількості енергії [2].

Для перетворення сонячної енергії в електричну використовується сонячна панель. Сонячна панель забезпечує живлення контролеру заряду, який в свою чергу накопичує енергію в акумуляторних батареях.

Так як найбільшої ефективності використання сонячної енергії досягається завдяки направленню променів перпендикулярно до сонячної панелі. Необхідно обертати її в різні напрямки в залежності від часу доби. Для цього використовується сонячний трекер. Сонячний трекер складається з механічної системи пересувань, крокової двигуна і електронної системи контролю кроковим двигуном.

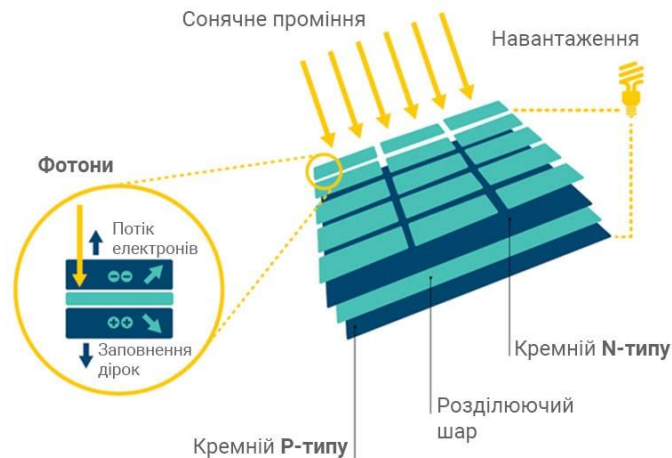


Рис. 1. Принцип дії сонячної батареї

Результати проведених досліджень з оцінки використання сонячної електростанції для цілей енергетики свідчать про низьку економічну ефективність та комерційну непривабливість фотоелектричних модулів (далі ФМ) в сучасних умовах.

Зниження вартості виробництва електроенергії можливо тільки двома способами:

- зниження ціни на ФМ
- підвищення ефективності вироблення електричної енергії.

Здешевлення виробництва ФМ з використанням автоматизованого виробництва можливо наступними шляхами: здешевлення виробництва фотоелектричних модулів; здешевленням матеріалу геліоприймача.

Що стосується другого способу, підвищити ефективність можна застосовуючи такі методи:

- використовувати багат шарові фотоприймачі з гетеропереходами, проте їх вартість набагато вище звичайних, тому співвідношення ціна та ефективність практично не змінюється;
- застосовувати двосторонні фотоелектричні перетворювачі, що незначно збільшує ефективність при значному збільшенні ціни;
- додавати різні концентратори, які збільшують фотовідповідь, але фотоелементи при цьому гріються, що негативно позначається на їх ККД і терміну служби;
- обладнати фотоелементи системою стеження за Сонцем, що дає найкраще співвідношення вартість та ефективність.

На даному етапі розвитку сонячної енергетики найбільш пильну увагу слід приділити останньому варіанту. Величиною, що впливає на вироблену потужність фотоелектричними модулями, є кут падіння сонячних променів на їх поверхню. Навіть в разі найефективнішої стаціонарної установки фотоелектричних модулів програш в виробленій потужності становить до 50%, ніж при безперервному орієнтуванні на Сонце. Застосування систем стеження дозволить змінювати кут нахилу фотоелектричних модулів протягом дня таким чином, щоб зберігати прямий і найефективніший кут падіння сонячних променів на його поверхню. Це дозволить збільшити кількість отриманої потужності, а, отже, і кількість вироблюваної потужності батареями. Даний спосіб підходить для вже працюючих сонячних електростанцій, для цього потрібно тільки змінити опорну конструкцію.

Список використаних джерел:

1. https://sun-energy.com.ua/articles/yak_pratsuyut_sonyachni_panelli?srsltid=AfmBOorltGfbnRSNBGvDXysH5j2BzG2zVPtT9Mjp6GXU2XM1BisTMDwQ
2. Колонтаєвський Ю. П. Фотоенергетика: навч. посібник / Ю.П. Колонтаєвський, Д. В. Тугай, С. В. Котелевець ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 160 с.

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ МЕТРИКИ SSIM В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ МЕДИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Метрика SSIM, або індекс структурної подоби [8], в даний час є одним із найпопулярніших критеріїв оцінки якості зображень. Метрика SSIM визначає ступінь подібності відповідних ділянок (вікон) зображень, що порівнюються. Різниця між двома вікнами x та y з розміром $N \times N$ визначається як [1]

$$SSIM_{x,y} = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)}, \quad (1)$$

де x, y – вікна оригінального та спотвореного зображень; μ_x, μ_y – середні значення координат пікселів у вікнах x та y ; σ_x, σ_y – середньоквадратичні відхилення; $\sigma_{x,y}$ – значення коваріації; c_1, c_2 – постійні коефіцієнти. Далі параметри усереднюються. Як правило, метрика (1) розрахована на вікно розміром 8×8 пікселів. Для аналізу всього зображення вікно зміщується на задану кількість пікселів послідовно по горизонталі та по вертикалі. Інтегральна оцінка визначається як

$$SSIM = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L SSIM_l, \quad (2)$$

де l – номер вікна; L – кількість вікон.

Значення (1) та (2) дорівнюють одиниці тільки при повному збігу параметрів. Існують різні модифікації [2] метрики SSIM, наприклад, MS-SSIM, CW-SSIM та ін. У цифровій моделі кодеку реалізовано програмний модуль – аналізатор якості зображень на основі обчислень SSIM.

Аналіз ефективності стиснення виконано за такою методикою. На першому етапі було обрано програму Adobe Photoshop CS6, в якій реалізовано стандартні алгоритми JPEG та JPEG2000 з регульованими параметрами якості.

До особливостей конверторів належить наступне. Шкала якості JPEG 12-бальна, в якій користувач може встановити значення Q від 1 до 12 з одиничним кроком. У цьому вважається, що у діапазоні параметрів 8, 9 забезпечується висока якість, а діапазоні 10, 11, 12 – максимальне.

Шкала якості JPEG2000 змінюється від 1 до 100 балів із одиничним кроком, при цьому максимальна якість забезпечується в діапазоні 70...100.

Для аналізу вибрано шкалу якості JPEG з діапазоном параметра $Q = 8, 9 \dots 12$. У процесі досліджень тестове RAW-зображення конвертувалося у формат JPEG і за допомогою програмного аналізатора якості обчислювалася залежність

$$SSIM = f(Q). \quad (3)$$

Далі отримані значення SSIM використовувалися для налаштування шкали якості JPEG2000. Для кожного значення SSIM оцінювався коефіцієнт стиснення K_{cm} .

У табл. 1 показані залежності ефективності стиснення JPEG та JPEG2000 від параметра якості Q та значення SSIM тестових зображень з різною деталістю: «Хребет» (рис. 1), «Дитина» (рис. 2) та «Рука» (рис. 3).

Візуальна оцінка якості декодованих зображень виконувалася за допомогою 2К монітора з роздільною здатністю екрану 2560×1440 . При цьому всі тестові зображення масштабувалися до роздільної здатності 1424×2128 або 2128×1424 в залежності від вихідного формату сторін кадру.

Аналіз отриманих результатів при використанні стандартних алгоритмів Adobe Photoshop CS6 (табл. 1) показує, що JPEG2000 забезпечує вищий коефіцієнт стиснення і при цьому виграш збільшується із зменшенням деталістості. Наприклад, при забезпеченні максимальної ($Q = 10$) якості стиснених зображень виграш JPEG2000 становить: «Хребет» – 5,4 %, «Дитина» – 14,9 %, «Рука» – 13,4 %. Також спостерігається розкид значень SSIM при фіксованих параметрах квантування [3].

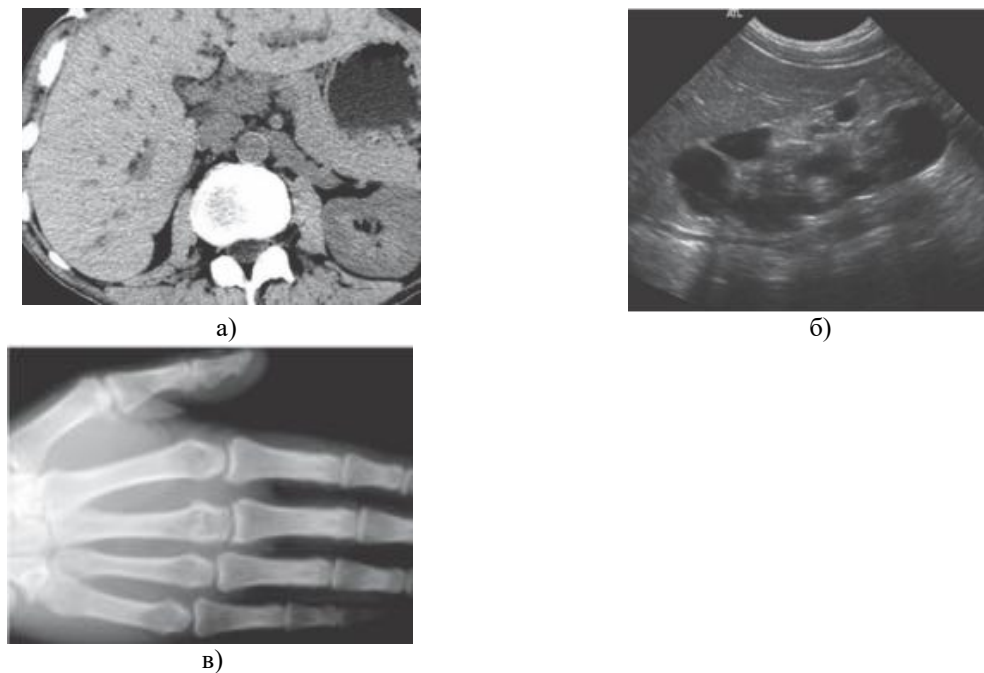


Рис. 1. Знімки (а – хребет, б – дитина, в - рука)

Табл. 1

Ефективність JPEG та JPEG2000

«Хребет»						
\underline{Q}	12	11	10	9	8	JPEG
SSIM	0,995	0,987	0,979	0,970	0,959	
Ксм	2,43	3,98	5,73	7,83	9,94	
\underline{Q}	85	69	60	51	46	JP2000
Ксм	3,00	4,53	6,04	8,02	10,10	
«Дитина»						
\underline{Q}	12	11	10	9	8	JPEG
SSIM	0,996	0,990	0,983	0,977	0,970	
Ксм	3,65	5,87	8,45	11,26	14,07	
\underline{Q}	91	75	65	58	50	JP2000
Рука	4,38	7,05	9,71	12,06	16,92	
«Хребет»						
\underline{Q}	12	11	10	9	8	JPEG
SSIM	0,992	0,986	0,982	0,977	0,972	
Ксм	4,62	9,52	14,90	20,93	26,48	
\underline{Q}	82	69	63	57	51	JP2000
Ксм	7,23	12,56	16,90	22,71	30,00	

На другому етапі порівняння ефективності ДКП та ДВП виконувалося за аналогічною методикою, де для конвертації сигналів зображення використовувалася цифрова модель кодека. На відміну від Adobe Photoshop CS6 у цифровій моделі реалізована точніша шкала квантування JPEG, що дозволило виконувати налаштування якості тестового зображення на будь-яке задане значення SSIM.

Список використаних джерел:

1. Xiong Z, RamchandranK, Orchard M, Zhang Y-Q. A comparative study of DCT-and wavelet-based image coding. IEEE Trans Circuits Syst Video Technol 1999; 9(5): 692-695.
2. Lin W, Kuo C-CJ. Perceptual visual quality metrics: A survey. J Vis Commun Image Represent 2011; 22(4): 297-312. Leach R. Optical Measurement of Surface Topography. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12012-1>
3. Science for modern man: Innovative engineering, technology and industry; Computer science, cybernetics and automation. Monographic series «European Science». Book 46. Part 2. PP. 164-166, 2026. ISBN 978-3-98924-133-6 DOI: 10.30890/2709-2313.2026-4 6-02

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

Вимірювання частоти обертання (n), об/хв) валу електродвигуна відцентрового насоса необхідне для контролю продуктивності, напору та ефективності агрегату. [1, 2]. Частота обертання – це один з основних параметрів, що визначає кінематичні характеристики електродвигунів відцентрових насосів.

Для вимірювання частоти обертання електричних машин при дослідженнях використовують методи прямого перетворення, порівняння та частотний. Тахометри за принципом дії можна класифікувати:

– тахометри, в яких напруга на виході первинного перетворювача пропорційна вимірювальній частоті обертання та засновані на перетворенні «частота обертання – кут відхилення стрілки» (механічні та електромеханічні), дія яких заснована на механічній взаємодії валу, що обертається з прийнятною частиною тахометру – тахометричним перетворювачем. Сучасні тахометри використовують цифрові технології та забезпечують вимірювання швидкостей обертання в діапазоні 10000 – 20000 об/хв;

– тахометри, в яких частота вихідної напруги перетворювача пропорційна частоті обертання;

– засновані на підрахунку кількості обертів протягом визначеного інтервалу часу;

– метод порівняння частоти обертання або визначення через відому електричну величину;

– засновані на вимірюванні тривалості одного оберту, або інтервалу між суміжними імпульсами, які

формуються протягом одного оберту та підрахунку зворотної величини за формулою $F = 1/T$, де F – частота обертання; об/хв.; T – тривалість одного оберту, хв.

Частотний метод заснований на вимірюванні частоти електричних імпульсів, які надходять від тахометричних датчиків і виключає можливість внесення додаткових похибок датчиком або лінією передачі, які пов'язані з впливом температури, тиску, вологості та інших факторів. Переваги методу – можливість за допомогою датчику істотно збільшити частоту імпульсів, що є важливим при вимірюванні невеликих значень частоти обертання, коли прямі методи вимірювання та перетворення вносять суттєві похибки; дозволяють отримати цифровий відлік частоти обертання. В частотних тахометрах використовуються індукційні фотоелектричні, ємнісні, індуктивні та інші типи перетворювачів.

Для вимірювання частоти обертання можливе використання будь-яких фізичних явищ, в яких частота обертання пов'язана певною залежністю з якою-небудь електричною величиною. За принципом дії тахометри класифікуються:

1. Механічні тахометри (відцентрові, годинникові, фрикційні, вібраційні і пневматичні) – їх вимірювальна послідовність складається з механічних перетворювачів.

2. Магнітні тахометри містять у складі вимірювальної послідовності магнітний індукційний перетворювач.

3. Електричні тахометри містять в вимірювальній послідовності електромеханічні перетворювачі. До числа електричних відносяться електромашинні, електроімпульсні і фотоелектричні (засновані на підрахунку кількості відбитих імпульсів світлового потоку) тахометри. Прилади цієї групи дозволяють вимірювати значення швидкостей в широкому діапазоні до 1000000 об/хв.

4. Стробоскопічні тахометри засновані на застосуванні стробоскопічного перетворювача.

При великому діапазоні вимірювання частоти обертання машини застосовують генераторний спосіб вимірювання. Застосовують тахогенератор в якості якого може бути використана невелика машина постійного току незалежного збудження або генератор з постійними магнітами до затискачів якого приєднується точний магнітоелектричний вольтметр. При обертанні валу генератору буде вироблятися напруга, що пропорційна до частоти обертання.

Вибір методу залежить від типу двигуна (наявність частотного перетворювача) та необхідної точності вимірювань. У сучасних системах найчастіше використовують вбудовані датчики ЧРП, а діагностики — переносні оптичні тахометри.

Список використаних джерел:

1 Головка Д.Б. Основи метрології та вимірювань/ Д.Б.Головка, К.Г.Рего, Ю.О.Скрипник. – Кшв: Либць, 2001. – 408 с.

2. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: підруч. для вищ. навч. закл. / Є.С.Поліщук, М.М.Дорожовець, Б.І.Стадник и др., Ред. Є.С.Поліщук; Ін-т. інновац. технологій і змісту освіти. – Львів: Бескид Біт, 2008. – 618 с.

ВИБІР ПРОТОКОЛУ ПЕРЕДАЧІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Актуальність розвитку та застосування протоколів передачі даних у контексті передачі вимірювань параметрів технологічних процесів є значною для багатьох галузей промисловості. З огляду на високі вимоги до безпеки та якості виробництва, точний та своєчасний моніторинг параметрів виробничих процесів є ключовим для попередження витоків небезпечних речовин, аварій та нестандартних ситуацій у виробничих процесах [1].

Вибір універсального протоколу (УП) для інформаційно-вимірювальної системи на етапі створення є важливим аспектом для розширення та підтримки системи у майбутньому. Існує безліч протоколів передачі даних від застарілих, але ще актуальних, таких як Modbus, до сучасних складних протоколів, як IEC 61850, Protobuf. Розглянемо сучасні промислові телемеханічні протоколи передачі даних за встановленими критеріями.

Інформаційно-вимірювальні системи можуть використовувати широкий спектр різноманітних каналів для передачі даних (таких як виділена пара, ВЧ канали, радіоканал, GPRS, 3G, 4G, оптоволоконо на різних ділянках шляху, тому всі протоколи що не використовують TCP/IP, як мережеву модель передачі даних не можуть забезпечити сумісність на всіх етапах проходження пакета інформації без перетворень, та порушують головну вимогу УП: інтегральну достовірність доставленої інформації від КП до ПК. Досягти високої достовірності інформації можливо за умови, що повідомлення сформоване на КП не буде перетворене чи спотворене під час проходження шляху, і ПК зможе ідентифікувати, що інформація є первинною і не була змінена будь-яким обладнанням чи перешкодою в каналі.

Також протоколи, які використовують тільки CRC (циклічний надлишковий код) протоколу TCP/IP, можуть бути вразливими на деяких етапах проходження пакетів:

- NAT (перетворення мережевих адрес): пристрої, що виконують NAT, модифікують IP-пакет, включаючи IP-адресу в IP-заголовку та потенційно номери портів у заголовках TCP. Оскільки ця модифікація змінює вміст пакета, пристрій має перерахувати CRC TCP;
- балансувальники навантаження та проксі: ці пристрої можуть модифікувати TCP-заголовки, вимагаючи перерахунку CRC TCP для забезпечення цілісності модифікованого пакета;
- VPN: коли пакети вставляються в нові IP-пакети для передачі через VPN, зовнішній пакет матиме власну CRC. Однак внутрішній пакет у деяких випадках може бути теж змінений;
- проксі для покращення продуктивності (PEPs): у деяких мережах, особливо в супутникових комунікаціях, використовуються PEPs для покращення продуктивності TCP через зв'язки з великою затримкою. Ці пристрої можуть налаштувати розміри вікна TCP або виконувати інші оптимізації, що вимагають перерахунку CRC TCP.

Для сучасних інформаційно-вимірювальних систем з адаптивним налаштуванням методів передачі та обробки даних найбільш вдалим вибором є протокол IEC 870-5-104. Цей протокол може передавати широкий спектр різних типів даних з астрономічною міткою часу, має високу інтегральну достовірність та широко відомий у промисловості.

Стандарт IEC 870-5-104 описує структури, захист і способи передачі даних, але для забезпечення оптимальної роботи інформаційно-вимірювальних систем з різними каналами зв'язку та різним типом автономності КП мають бути розв'язані проблеми:

- буферизація та збереження інформаційних повідомлень, за відсутності каналу зв'язку чи створенні черг;
- прив'язки подій до міток часу з високою точністю без застосування GPS на КП. При передачі пакети в ІС можуть бути затримані на КП, вузлах шляху чи навіть на ПК, найбільш ефективним є використання структур з астрономічною міткою часу, хоча це збільшує розмір повідомлень, але надасть точну інформацію, коли виникла та чи інша подія;
- використання в автономних системах з низькою частотою передачі повідомлень чи сесій зв'язку.

Список використаних джерел:

1. Подчашинський, Ю. О., & Іщенко, О. С. (2024). Вибір та оптимізація уніфікованого протоколу передачі результатів вимірювань в інформаційно-вимірювальних системах з адаптивним налаштуванням. *Технічна інженерія*, (1(93)), 289–294. [https://doi.org/10.26642/ten-2024-1\(93\)-289-294](https://doi.org/10.26642/ten-2024-1(93)-289-294)

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛИЦІ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СУНИЦІ

При проектуванні мікропроцесорної інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів теплиці для вирощування суниці необхідно враховувати наступні фактори:

Світло. Суниця – світлолюбива рослина. Ідеальним часом освітлення для рослин суниці становить 12-13 годин на добу [1]. Для суниці ранок до 11 годин є дуже важливим часом для стимуляції фотосинтезу. Як країна з помірним кліматом, Україна має значну змінність тривалості дня – від 8-9 годин узимку до 16-17 годин улітку. Зальна кількість світла коливається в межах 1700-2300 годин на рік. Така тривалість природного освітлення є достатньою для вирощування суниці, однак в холодні пори року існує дефіцит світла, що може позначитися на рості і врожайності суниці. Враховуючи це, для цілорічного вирощування потрібно встановити штучне освітлення, особливо в теплицях, щоб допомогти суниці отримати стабільний фотосинтетичний режим та сприятливі умови для розвитку суниці.

Додаткове освітлення уже давно використовується для покращення врожайності тепличних культур. Зараз все більше використовуються світлодіодні лампи, які мають наступні переваги для освітлення теплиці [2]:

- можливість управління спектральним виходом системи освітлення;
- випромінюють не багато тепла і є можливість налаштування на інтенсивне освітлення;
- розраховані на тривале використання;
- вимкнення та увімкнення не потребую часу на розігрівання;
- економні витрати на довгий час;
- не містять ртуті;

Використання тільки синіх світлодіодів для освітлення дає високу продуктивність і незначну різницю порівняно зі змішаним використанням синіх та червоних світлодіодів

Температура і вологість повітря. Температура значно впливає на якість та кількість врожаю. Різке пониження або підвищення температури може знизити врожай на більше ніж 20%. При розробці системи треба врахувати що обов'язково потрібно підтримувати температуру на рівні 22-25 °C вдень и 10-12 °C вночі. Низька вологість (45-55 %) значно знижує вагу плодів і врожайність. В умовах високої вологості (90 %) рослини суниці дають великі плоди, але кількість плодів зменшується. Найкраща вологість це 65-75 %, вона вважається оптимальною для суниці. Врожай та плоди суниці будуть великі та якісні [3].

Вітер. Для мікроклімату теплиці вітер є важливим фактором, який впливає на інші фактори (температура та вологість). Окрім цього, для суниці вітер відіграє важливу роль у запиленні. Враховуючи це, в теплиці обов'язково повинна бути гарна вентиляція.

Комахи, які допомагають обпилюванню. Суниця може повністю обпилюватися тільки вітром. Але суниця яка обпилюється бджолами має більші плоди і більш насичений червоний колір який приваблює користувача, більший термін придатності, правильне відношення цукру та кислоти, ніж плоди які обпилюються вітром [3]. Тому потрібно проектувати системи таким чином, щоб запилювачі (бджоли) мали вільний доступ до суниць.

Концентрація вуглекислого газу (CO₂). Концентрація вуглекислого газу – один із найважливіших факторів. Насичення повітря у теплиці CO₂ підвищує врожайність з 16 % до 40 %. Концентрація CO₂ у повітрі повинна підтримуватися на рівні 800 ppm [3].

Список використаних джерел:

1. Konsin, M. Influence of photoperiod and duration of short-day treatment on vegetative growth and flowering of strawberry / M. Konsin, I. Voipio, P. Palonen // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2001. – Vol. 76. – № 1. – P. 77-82. – DOI: 10.1080/14620316.2001.11511330.
2. Morrow, R. C. LED Lighting in Horticulture / R. C. Morrow // HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science. – 2008. – Vol. 43. – P. 1947-1950. – DOI: 10.21273/HORTSCI.43.7.1947.
3. Oguz, I. Recent Studies on Strawberries: Strawberry Cultivation Techniques / I. Oguz, H. Ibrahim Oguz, N. Ebru Kafka. – London : IntechOpen, 2022. – 278 p. – ISBN 978-1-80355-199-9. – DOI: 10.5772/intechopen.98136.

УДК 531.7

Корнійчук Д.Я., здобувач
Подчашинський Ю.О., професор
Чепюк Л.О., доцент

Державний університет «Житомирська політехніка»

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У БАГАТОКВАРТИРНОМУ БУДИНКУ

Для забезпечення сталого розвитку та надійного функціонування галузі електроенергетики насамперед необхідні нові енергоефективні рішення. Одним із таких рішень є автоматизація системи контролю та обліку електричної енергії, що дозволяє суттєво підвищити ефективність використання енергоресурсів [1].

Технічні параметри та метрологічні характеристики лічильників електричної енергії повинні відповідати вимогам ДСТУ 31818.11-2012 Частина 11 «Лічильники електричної енергії», ДСТУ 31819.22 2012 Частина 22 «Статичні лічильники активної енергії класів точності 0,2S 31819.21-2012 Частина 21 «Статичні лічильники активної енергії класів точності 1 та 2».

Для нововстановлюваних трифазних та однофазних лічильників чинною вимогою є наявність дійсної державної повірки, яка підтверджується відповідним тавром або пломбою. При цьому термін придатності повірки визначається міжповірочним інтервалом, установленим для конкретного типу та класу точності приладу, а не фіксованим періодом у 12 чи 24 місяці. Отже, пломба державної повірки може мати термін придатності значно довший, ніж один або два роки, якщо це передбачено ДСТУ.

Основним технічним параметром електролічильника є клас точності, який вказує на рівень похибки вимірювань приладу. Класи точності приладів обліку визначаються відповідно до 14 технічних регламентів та інших обов'язкових вимог, встановлених для класифікації засобів вимірювань.

Точність вимірювань є однією з ключових характеристик якості обліку, а точність облікового пристрою, що виражається його похибкою, — основним показником технічного рівня системи обліку. Похибка системи обліку електроенергії в житловому будинку визначається сумарним впливом основних складових елементів:

$$\gamma = \sqrt{\gamma_c^2 + \gamma_{mc}^2 + \gamma_i^2}, \quad (1)$$

де: γ_c — основна похибка лічильника електроенергії; γ_{mc} — похибка, пов'язана з точністю мікроконтролера; γ_i — похибка інтерфейсних перетворювачів (RS-485/UART, UART/RS-232).

Сертифікований багатотарифний однофазний електролічильник MTX1A51.DT4S має клас точності 1.0, тобто $\gamma_c = \pm 1\%$.

Похибка мікроконтролера визначається за формулою розрядності:

$$\gamma_{mc} = \frac{1}{2^m - 1} \cdot 100\% = \frac{1}{255} \cdot 100\% \approx 0,39\%. \quad (2)$$

де $m = 8$ — розрядність мікроконтролера.

Інтерфейсні мікросхеми обміну даними (UART/RS-485) не впливають суттєво на передавання сигналів, адже не змінюють самі дані, а лише передають їх з одного рівня на інший. Згідно з технічними характеристиками:

$$\gamma_i \approx (0,002 \dots 0,003)\% \quad (3)$$

Таким чином, цією похибкою можна знехтувати при загальному розрахунку.

Розрахунок сумарної похибки одного каналу:

$$\gamma = \sqrt{(1,0)^2 + (0,39)^2} \approx 1,073\%, \quad (1)$$

Отже, похибка вимірювання одного каналу становить $\approx 1.07\%$

Основна похибка системи обліку електроенергії визначається точністю електролічильника. Загальна сумарна похибка $\approx 1.07\%$, що відповідає нормативним вимогам для побутового обліку. Додаткові похибки, зокрема температурна та інтерфейсна, мають незначний вплив і не потребують компенсації.

Список використаних джерел:

1. Інструкція про порядок комерційного обліку електричної енергії № 1349 від 19.10.98. Затверджено Рішенням Ради Оптового ринку електричної енергії від 08.10.98, протокол N 12.

**МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАЛІБРУВАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ЗАСОБІВ
ВИМІРЮВАННЯ ФОТОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ**

Еталонним документом у галузі технічного виробництва, експлуатації різних приладів, повірки засобів вимірювальної техніки та їх калібруванні є Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII Про метрологію та метрологічну діяльність».

Ця методика встановлює порядок проведення калібрування приладів для вимірювання фотометричних параметрів - коефіцієнтів пропускання (світлопропускання) та оптичної густини, а саме, спектрофотометрів, фотоелектроколориметрів, фотометрів загального призначення [1]. Для проведення калібрування застосовуються еталони та допоміжне обладнання, що наведені у таблиці 1.

Табл. 1

Засоби калібрування

Назва операції	Робочі еталони, допоміжне обладнання, технічні та метрологічні характеристики
Контроль умов виконання калібрування	Термогігрометр цифровий Thermo-Hygrometer, 0-50°C, 15-95 %; Гігрометр психрометричний ВИТ-1, 0-25 °С, 20-90 %
Проведення вимірювань та визначення показів. Процедура оцінки невизначеності вимірювань.	Комплект нейтральних світлофільтрів КСС-04 $\lambda = 250 - 960$ нм; Комплект нейтральних світлофільтрів КНФ-1М, 0,92 – 70,25 % Міра довжин хвиль поглинання ПС-7 Комплект нейтральних світлофільтрів КНП-01, 0,97-74,75% Комплект мір спектральних коефіцієнтів пропускання та оптичної густини Стандартні зразки мутності

Еталони, що застосовуються під час калібрування, повинні бути відкалібровані, для забезпечення простежуваності вимірювань. Допоміжне обладнання що застосовується під час калібрування повинне бути відкаліброване, або повірене. Дозволяється застосування інших засобів допоміжного обладнання з характеристиками не гірше, ніж зазначені в табл. 1.

Калібрування виконується в наступних умовах, якщо інше не вказано замовником: температура оточуючого повітря в приміщенні 20 ± 5 °С, відносна вологість повітря від 40 до 80 % [1].

Вимірювання значення спектрального коефіцієнта пропускання T_λ , та спектрального значення оптичної щільності D при калібруванні спектрофотометрів.

Якщо кількість точок калібрування не визначено замовником, виміри коефіцієнту пропускання проводиться трьох світлофільтрів із набору КСС-02 (С1, С4, С7) при встановлених значеннях довжини хвилі: 340 нм, 600 нм, та 900 нм., для кожного із каналів.

Включити спектрофотометр і дати прогрітися йому 20 хв., якщо в ТД не вказано інший час (ТД – технічна документація (паспорт приладу)).

Згідно ТД вибрати режим роботи приладу T_λ (визначення коефіцієнта пропускання) [1].

1. Згідно ТД, встановити необхідну довжину хвилі λ нм.

2. Помістити в робочу зону порожню комірку кювето утримувача. Згідно ТД встановити і перевірити значення спектрального коефіцієнта пропускання рівного 100%. Зафіксувати показання приладу в протоколі

3. Помістити в робочу зону комірку кювето утримувача з вставленою заглушкою (коефіцієнт пропускання якої дорівнює 0%). Згідно ТД встановити і перевірити значення спектрального коефіцієнта пропускання рівного 0%. Зафіксувати показання приладу в протоколі.

4. Помістити в робочу зону комірку кювето утримувача з вставленим першим світлофільтром із набору КСС-02. Провести 10 вимірювань значення коефіцієнту пропускання світлофільтра. Зафіксувати значення в протоколі. Після чого провести виміри для других світлофільтрів із набору КСС-2 в залежності від точок калібрування. При зміні значення довжини хвилі, необхідно повторити пункти 1 – 4. Для двоканальних спектрофотометрів вимірювання провести для кожного з каналів.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 9141:2021 Метрологія. Фотометри аналітичні. Методика повірки (калібрування).

УДК 531.7

Гах М.М., здобувач
Подчашинський Ю.О., професор
Чепюк Л.О., доцент

Державний університет «Житомирська політехніка»

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАЛІБРУВАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ЗАСОБІВ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ЛЮДИНИ

Еталонним документом у галузі технічного виробництва, експлуатації різних приладів, повірки засобів вимірвальної техніки та їх калібруванні є Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII Про метрологію та метрологічну діяльність».

Методика калібрування розроблена з урахуванням вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025, EA-4/02 та оцінена відповідно до процедури П-24. Ця методика калібрування поширюється на електрокардіографи (далі ЕКГ), електроенцефалографи, системи холтерівського моніторування, електрографічні канали моніторів стану пацієнта та аналогічні прилади медичного призначення та встановлює методи та засоби калібрування. Для проведення калібрування застосовуються еталони та допоміжне обладнання, що наведені у табл. 1.

Табл.1

Засоби калібрування

Назва операції	Робочі еталони, допоміжне обладнання, технічні та метрологічні характеристики
Контроль умов виконання калібрування	Термогігрометр Thermo-Hygrometr, від 0 °С до 50 °С, від 20 % до 95 % Мультиметр UT109: “~” від 4 В до 1000 В; “-“ від 0,04 В до 1000 В, “~” від 0,0001 А до 10,0 А; “-“ від 0,4 В до 10 В, 10 – 1·10 ⁶ Гц
Проведення вимірювань та визначення показів. Процедура оцінки невизначеності вимірювань.	Генератор функціональний Діатест-4 діапазони відтворення: ЕКГ-канал (0,01 – 600) мВ Штангенциркуль ШЦЦ-III-500-0,01, від 0 до 500 мм Лупа вимірвальна ЛИ-3-10х, від 0 до 15 мм

Еталони, що застосовуються під час калібрування, повинні бути відкалібровані, для забезпечення простежуваності вимірювань. Допоміжне обладнання що застосовується під час калібрування повинне бути відкаліброване, або повірене.

Калібрування виконується в наступних умовах, якщо інше не вказано замовником: температура навколишнього середовища, від 15 до 25 °С, відносна вологість повітря від 50 до 80 %, напруга живлення від 218 до 242 В, частота мережі живлення 49-51 Гц [1].

Подати з генератора Діатест-4 на вхід приладу, що калібрується, сигнал прямокутної форми частотою 10 Гц і з розмахом відповідно до таблиці 2.

Табл. 2

Розмах вхідного сигналу

Чутливість $S_{ном}$, мВ/мм	Розмах вхідного сигналу $U_{вх}$, мВ
5	0,4; 2,0; 4,0
10	0,2; 1,0; 2,0
20	0,1; 0,5; 1,0

Вимірювання напруги визначають у всіх відведеннях, крім III, що калібрується, у всіх режимах запису, методом порівняння вимірних значень амплітудних параметрів елементів ЕКГ - сигналу: розмах сигналу і амплітуда зубців P, Q, R, S, T, рівнів ST на записах (зображеннях) та (або) «роздруківках» (для устаткування, яке має цифровий спосіб представлення результатів вимірювань).

Вимірювання амплітудних та часових параметрів проводяться шляхом вимірювання лінійних розмірів зображення сигналу, що реєструється на запису за допомогою штангенциркуля та лупи вимірвальної. Форми та полярність випробувального ЕКГ - сигналу, що реєструється, на виході устаткування, що калібрується, у загальноприйнятих відведеннях наведені у відповідних додатках. Вимірювання проводять без врахування товщини лінії запису [1].

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 9202:2022 Метрологія. Електрокардіографи. Методика повірки (калібрування).

**МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАЛІБРУВАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ЗАСОБІВ
ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ВОДИ**

Еталонним документом у галузі технічного виробництва, експлуатації різних приладів, повірки засобів вимірювальної техніки та їх калібруванні є Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII Про метрологію та метрологічну діяльність». Згідно цьому Закону, калібрування – це сукупність операцій, за допомогою яких за заданих умов на першому етапі встановлюється співвідношення між значенням величини, що забезпечується еталонами з притаманними їм невизначеностями вимірювань, та відповідними показами з пов'язаними з ними невизначеностями вимірювань, а на другому етапі ця інформація використовується для встановлення співвідношення для отримання результату вимірювання з показу.

Лічильник рідини – вимірювальний прилад, який призначено для вимірювання об'єму (маси) рідини, що протікає по трубопроводу через перетин, перпендикулярний напрямку швидкості потоку. Перетворювач витрати камерний – тахометричний перетворювач витрати, у якому перетворювальним елементом є один або декілька рухомих елементів, призначених для циклічного вимірювання визначених об'ємів рідини [1]. Під час проведення калібрування лічильників мають бути виконані наступні операції: зовнішній огляд, перевірка герметичності, контроль відносної похибки. Під час проведення калібрування мають бути застосовані засоби повірки, зазначені в табл. 1.

Табл.1

Засоби калібрування

1	Прес гідравлічний зі статичним тиском до 7,5 МПа
2	Робочі еталони: границі допустимої відносної похибки $\pm 0.04\%$, 10,08 %, 10,1%, $\pm 0,15\%$
3	Манометр показувальний клас 1, верхня границя вимірювання 10 МПа згідно з ГОСТ 2405
4	Секундомір клас 3. ціна поділки 0.2 с
5	Термометр, діапазон вимірювання від мінус 80 °С до 50 °С. від 0 °С до 100 °С та від 0 °С до 160 °С. ціна поділки 1 °С
6	Психрометр аспіраційний типу М 54
7	Барометр метеорологічний
8	Циліндр 83-520

Допускають застосування інших засобів повірки з характеристиками не гіршими за перераховані в таблиці 1.

Під час проведення повірки мають бути дотримані такі умови: температура навколишнього повітря: від 15 °С до 50 °С; відносна вологість навколишнього повітря: від 45 % до 85 %; атмосферний тиск: від 84 кПа до 106 кПа; температура повірочної рідини: від 15 °С до 20 °С – для лічильників, що працюють за температури вимірювальної рідини від мінус 40 °С до 60 °С; від 75 °С до 85 °С – для лічильників, що працюють за температури вимірювальної рідини від 60 °С до 120 °С.

Зміна температури повірочної рідини протягом повірки не повинна перевищувати 5 °С, зміна температури повітря протягом повірки не повинна перевищувати 5 °С, відсутність вібрації, трясіння й ударів, що впливають на роботу лічильника, робоче положення – відповідно до настанови з експлуатації лічильника.

Температуру рідини вимірюють на початку та наприкінці повірки безпосередньо в ємності з рідиною.

Границі вимірювання витрати рідини для лічильників залежно від діаметра умовного проходу. похибки лічильника та в'язкості рідини мають відповідати відповідному ДСТУ та експлуатаційним документам на конкретний тип лічильника.

Лічильники на вимірювальній ділянці трубопроводу повірочної установки необхідно встановлювати по одному або групою не більше ніж 6 таким чином, щоб стрілка на корпусі лічильника збігалася з напрямком потоку рідини. При цьому лічильники мають бути однакового діаметра умовного проходу та бути встановлені так, щоб рідина проходила послідовно через усі лічильники.

Мінімальний об'єм рідини, який необхідно пропускати через лічильник під час повірки, має бути не менше значень, наданих в відповідному ДСТУ.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 7154:2010 Метрологія. Лічильники рідини камерні. Методика повірки (калібрування).

УДК 531.7

Безвесільна О.М., професор
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Подчашинський Ю.О., професор
Чепюк Л.О., доцент
Іванов Р.В., здобувач
Державний університет «Житомирська політехніка»

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ КЛІМАТИЧНОЇ КАМЕРИ

Технологічний процес виробництва м'ясних продуктів потребує режиму визрівання (складний біохімічний процес, що включає ферментацію, дегідратацію та формування смаку) в кліматичній камері, яка дозволяє точно контролювати параметри середовища під час визрівання продуктів [1]. На відміну від звичайного холодильника, вона працює не лише на охолодження, а й на керування вологістю, циркуляцією повітря та вентиляцією.

Процес визрівання неможливий без контролю мікроклімату. Температура, вологість, циркуляція повітря та вентиляція формують середовище, у якому продукт проходить ферментацію та набуває свого смаку [2].

Температура визначає швидкість ферментації та активність мікрофлори. Для більшості м'ясних делікатесів стабільність значно важливіша, ніж просто низькі показники. Навіть коливання у 2–3°C можуть призвести до нерівномірного визрівання, зміни структури продукту та порушення ферментації.

Вологість є одним із найкритичніших параметрів. Якщо вона занадто низька то болонка швидко пересихає і блокується вихід вологи з середини.

Якщо вологість занадто висока то виникає ризик розвитку небажаної мікрофлори.

Ще один важливий елемент, це контроль конвекції. У сучасних камерах створюються ламінарні повітряні потоки, які рівномірно розподіляють температуру, запобігають утворенню "мертвих зон", забезпечують однакові умови для всієї партії. Різні продукти потребують різних режимів визрівання. Кліматична камера для ковбас повинна забезпечувати стабільну ферментацію та поступове зниження вологості, кліматична камера для м'яса потребує інтенсивнішої циркуляції повітря на початковому етапі.

Точне налаштування цих параметрів формує смак, текстуру та аромат готового продукту [2].

Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів кліматичної камери для визрівання м'ясних продуктів наведена на рис. 1



Рис. 1. Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів кліматичної камери для визрівання м'ясних продуктів

В системі використовуються датчики температури, вологості та швидкості повітря. Для завдання параметрів роботи системи використовується клавіатура. За допомогою блоку клавіатури задаються значення температури і вологості в камері. За допомогою індикатора можна контролювати параметри мікроклімату в процесі роботи системи.

Список використаних джерел:

1. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: Підручник / М.М. Клименко, Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін.; За ред. М.М. Клименка. – К.: Вища освіта, 2006. – 640 с.: іл.
2. <https://coininvest.com.ua/pryntsy-roboty-klimatichnoyi-kamery-yak-stvoryty-idealni-umovy-dlya-vyzrivannya-produktiv/>.

УДК 531.7

Безвесільна О.М., професор
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Подчашинський Ю.О., професор
Чепюк Л.О., доцент
Шуляк А.С., здобувач
Державний університет «Житомирська політехніка»

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ОБЛІКУ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ

Система моніторингу та управління теплоспоживанням офісної будівлі включає комплекс обладнання для управління теплоспоживанням на вузлі управління та програмне забезпечення для дистанційного доступу [1]. Система дозволяє виконувати функції:

1) здійснення щогодинного опитування вузлів обліку для контролю працездатності системи опалення та помилок виміру;

2) формування періодичної звітності;

3) проведення аналізу роботи енергосистеми;

4) віддалене керування.

Збір даних виконується автоматично або вручну.

Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи обліку тепло споживання офісної будівлі наведена на рис. 1

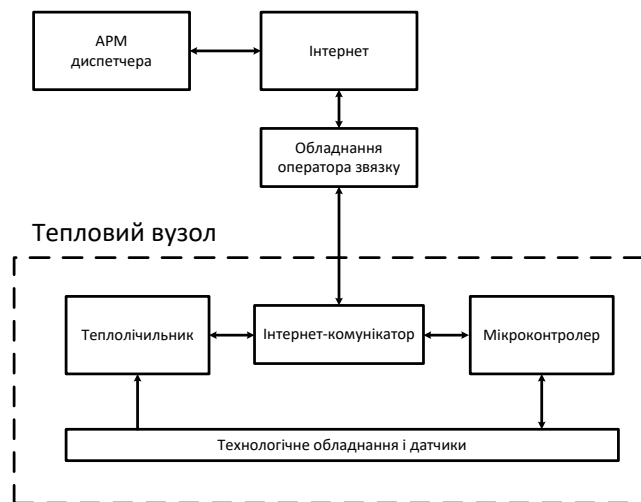


Рис. 1. Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи обліку тепло споживання офісної будівлі

Мікроконтролер – це програмно-керований пристрій, що працює в режимі реального часу. Його основні призначення – це збір, зберігання та обробка інформації, а також вироблення команди управління згідно з заданим алгоритмом. Інтернет-комунікатор використовується в системах диспетчеризації та віддаленого керування для прямого з'єднання з приладами різного призначення. Теплолічильник забезпечує облік параметрів теплоносія та вимірювання кількості теплової енергії. Технологічне обладнання та датчики є набором приладів, таких як термометри, манометри, витратоміри, насоси і т.п. АРМ диспетчера та система диспетчеризації призначена для отримання інформації про параметри об'єкта та дозволяє в режимі реального часу здійснювати поточний контроль споживання енергоресурсів у зручній для оператора формі.

Таким чином, інформація з технологічного обладнання та датчиків надходить на мікроконтролер та теплолічильник, де здійснюється обробка параметрів. Потім дані за допомогою інтернет-комунікатора та обладнання оператора зв'язку надходять до диспетчерської, де можна наочно відстежити параметри теплового пункту.

Список використаних джерел:

1. Закон України від 22.06.2017 № 2119-VIII Про комерційний облік теплової енергії та водопостачання