

УДК 621:317

*Свістельник О.С., аспірант,  
Подчашинський Ю.О., д.т.н., професор,  
Чепюк Л.О., к.т.н., доцент  
Державний університет «Житомирська політехніка»*

## **МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ НА ПОЛІГРАФІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

Якість поліграфічної продукції безпосередньо залежить від стабільності параметрів мікроклімату виробничого приміщення. Відповідно до вимог стандарту ISO 12647-2 [1], температура повітря повинна підтримуватися у межах  $(23 \pm 2)$  °С, а відносна вологість – у діапазоні  $(50 \pm 5)$  % відносної вологості (ВВ). Порушення цих умов навіть на 3-5 % ВВ спричиняє деформацію паперового полотна та порушення суміщення фарб до 0,3 мм, що є неприпустимим при багатофарбовому офсетному друці [2]. Вплив вологості на геометричні характеристики паперу описується через рівноважний вологовміст: збільшення відносної вологості на 10 % ВВ спричиняє лінійне розширення паперу в поперечному напрямку на 0,2-0,5 %. Водночас зміна температури від 20 °С до 25 °С знижує динамічну в'язкість поліграфічних фарб на 15-20 % відповідно до рівняння Арреніуса, що порушує баланс фарба-вода та призводить до нерівномірного нанесення фарбового шару і виникнення відмарювання на зворотному боці аркуша. Нерівномірний просторовий розподіл параметрів мікроклімату у приміщенні – градієнт температури може досягати 3-5 °С, а вологості – 8-12 % ВВ – додатково ускладнює підтримання стабільних умов виробництва [2].

Перший рівень системи – польовий – включає вимірвальні вузли на базі мікроконтролерів STM32 з цифровими сенсорами SHT31 (похибка температури  $\pm 0,3$  °С, вологості  $\pm 2,0$  % ВВ). Вузли розміщуються з кроком не більше 50 м<sup>2</sup> площі приміщення, що забезпечує рівномірне охоплення всього виробничого простору. Другий рівень – передачі даних – реалізований на основі протоколу MQTT із затримкою менше 200 мс; як транспортне середовище використовується Wi-Fi-інфраструктура підприємства без прокладання додаткових кабельних мереж. Третій рівень – зберігання та візуалізації – використовує часову базу даних InfluxDB та панель моніторингу Grafana, що забезпечує відображення поточних значень, довгострокових трендів і автоматичне

сповіщення персоналу при виході параметрів за допустимі межі. Архітектуру системи наведено на рис. 1.

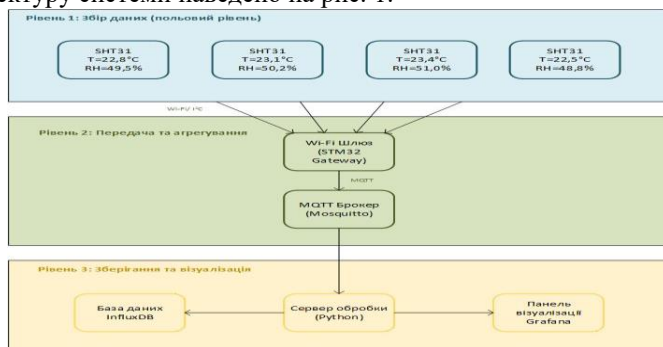


Рис. 1. Архітектура розподіленої інформаційно-вимірювальної системи контролю мікроклімату на поліграфічному виробництві

Математична модель вимірювального каналу враховує систематичну та випадкову складові похибки. Систематична складова для сенсора SHT31 не перевищує  $\pm 0,2$  °C та  $\pm 1,5$  % ВВ і визначається похибкою калібрування та нелінійністю передавальної характеристики. Оцінювання невизначеності за методологією GUM показує, що сукупна стандартна невизначеність каналу температури для сенсора SHT31 не перевищує  $0,18$  °C ( $k = 1$ ), що повністю відповідає вимогам класу точності ISO 12647-2. Міжкалібрувальний інтервал для сенсорів становить 12 місяців, калібрування здійснюється на еталонних установках з точністю  $\pm 0,05$  °C та  $\pm 0,1$  % ВВ.

Результати аналізу підтверджують, що впровадження запропонованої ІВС забезпечує стабільність параметрів мікроклімату у межах норм ISO 12647-2 [1] та дозволяє знизити кількість браку поліграфічної продукції, пов'язаного з порушенням умов середовища, на 35-45 %.

### Список використаних джерел:

1. ISO 12647-2:2013. Graphic technology — Process control for the production of halftone colour separations, proof and production prints. Part 2: Offset lithographic processes.
2. Kipphan H. Handbook of Print Media / H. Kipphan. – Berlin : Springer, 2001. – 1207 p.