

«Тенденції розвитку технологій в автоматизації, приладобудуванні та робототехніці»

СЕКЦІЯ 2. МЕТРОЛОГІЯ, ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.317

О.О. Лугових, ст. викладач

М.В. Тимошук, студент гр. МТ-2

Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ВОДИ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Зі збільшенням комунальних тарифів на воду для промислових підприємств актуальним питанням є економія природних ресурсів. Економія води можлива лише у разі ведення постійного обліку споживання, навіщо потрібно встановити витратомір (водомір, лічильник). На ринку представлено безліч типів лічильників, але покази в більшості випадків представляються на дисплеї пристрою. Але на сучасному підприємстві не зручно знімати покази з дисплею пристрою, тому що витратомір може знаходитися в труднодоступному місці та людина може не побачити останні цифри. Тому пропонується використати дистанційну передачу показів через комп'ютеризовану систему для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві.

Метою роботи є розробка комп'ютеризованої системи для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві.

Комп'ютеризована система для вимірювання витрати води на промисловому підприємстві призначена для вимірювання витрати води та температури в реальному часі на підприємстві, записом даних та виведенням інформації через інтернет.

Датчик потоку рідини використовується для індикації руху рідкого середовища, визначення її швидкості, а також фіксації рівня витрати рідини. Пристрій характеризується високою чутливістю, тому ефективно функціонує навіть за мінімальної інтенсивності потоку. Основне призначення виробів з датчиками потоку рідини – контроль потоку всередині трубопроводної системи. Принцип дії приладу залежить від його технічних та експлуатаційних показників.

Датчик протока води використовується для індикації руху рідкого середовища, визначення її швидкості, а також фіксації рівня витрати рідини. Пристрій характеризується високою чутливістю, тому ефективно функціонує навіть при мінімальній інтенсивності потоку. Існують різні модифікації приладів, які використовуються для роботи з різними видами поточних речовин.

Основне призначення виробу, що розробляється – контроль потоку всередині трубопроводної системи. Принцип дії приладу залежить від його технічних і експлуатаційних характеристик. Існує кілька різновидностей датчиків протока води:

– Механічний лопастний сигналізатор. Пристрій встановлюється безпосередньо в трубу. Конструкція датчика включає в себе спеціальну лопасть, яка реагує на рух води. При наявності потоку лопасть відкривається в сторону, що провокує замикання контактів. В результаті датчик спрацьовує;

– Теплове реле. Прибор оснащений спеціальним нагрівальним елементом. Контроль наявності потоку здійснюється шляхом вимірювання інтенсивності розсіювання тепла, яке виробляє нагрівач. Такі датчики не використовуються в системах, що працюють з небезпечними рідинами. Також вони не підходять для експлуатації в трубопроводах з постійно змінюваною інтенсивністю потоку.

– Механічний поршневий сигналізатор. Пристрій функціонує за рахунок специфічної магнітно-поршневої системи. Вода піднімає поршень з магнітом, що обумовлює замикання контактів. В результаті датчик спрацьовує. Якщо припиняється потік, поршень опускається. Відповідно прилади застосовуються в системах з високим робочим тиском.

Ультразвуковий датчик. Сигналізатори даного типу працюють за допомогою акустичного ефекту, що виникає в момент передачі ультразвукових імпульсів через рухливу рідину.

Прилади з датчиками потоку рідини успішно застосовуються в різних галузях промисловості і використовуються для вимірювання рівня дуже різноманітних рідин. Галузі застосування таких приладів наступні: водопостачання та водовідведення; вентиляція, кондиціонування, обігрів приміщень та охолодження повітряних мас; нафтогазова промисловість; сталеливарна галузь та металургія; хімічна промисловість; сільське господарство; харчова промисловість.

Розроблена система повинна вирішувати наступні завдання:

- Виведення значень витрати води в л на дисплей та інтернет браузер;

- Автоматичне визначення витрати води при підключенні системи до живлення;
- Виведення температури води в градусах на дисплей та інтернет браузер;
- Сповіщення про мінімальний / максимальний потік води у трубі світловими індикаторами.

Елементи системи вимірювання: блок живлення, мікроконтролер, датчик потоку води, датчик температури, дисплей, 2 світлодіоди синій та червоний, кнопка.

- Точність вимірювання: 0,13 л;
- Абсолютна похибка: +/-0,27 %;
- Відносна похибка не повинна перевищувати: 0,3 %;
- Напрацювання до відмовлення виробу становить не менше 15000 годин.

Для виконання функцій необхідні наступні елементи системи:

1. Датчик вимірювання потоку рідини для вимірювання значень витрати води в літрах.
2. Датчик температури для вимірювання температури потоку рідини;
3. Дисплей для відображення виміряних значень потоку рідини та температури;
4. Синій та червоний світлодіод для сигналізації в випадку критичних значень потоку рідини;
5. Модуль wi-fi (мікрочіп wi-fi) для передачі виміряних значень температури рідини та об'єму рідини в літрах для виводу в інтернет браузер;
6. Стабілізатор напруги та струмів для модуля wi-fi;
7. Блок живлення для живлення системи в цілому;
8. Кнопка включення/виключення системи;
9. Мікроконтролер для управління комп'ютеризованої системи .

Розроблена вимірювальна системи витрат води на промисловому підприємстві наведена на рис. 1.

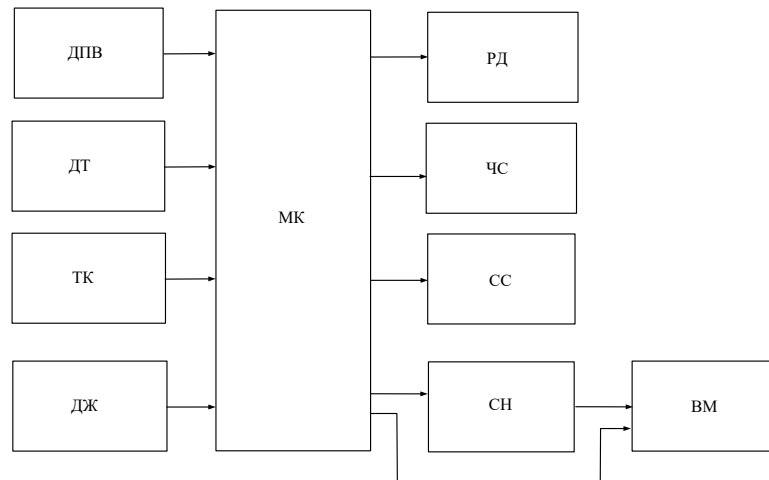


Рис. 1. Структурна схема вимірювальної системи витрат води на промисловому підприємстві

Складові вимірювальної системи:

- МК – мікроконтролер;
- ВМ – Wi-fi модуль (вай-фай модуль);
- СН – стабілізатор напруги;
- ДПВ – датчики потоку води;
- ДТ – датчик температури води;
- ТК – тактова кнопка включення/виключення;
- СЧ, СС – світлодіоди синій та червоний;
- РД – рідкокристалічний дисплей;
- ДЖ – джерело живлення.

Розроблена комп'ютеризована система для вимірювання витрати води працює в автоматичному режимі. Виміряні значення рівня рідини виводяться на дисплей та посилаються на браузер по wi-fi модулю. Критичні значення потоку води супроводжуються світловою сигналізацією в вигляді загорання синього або червоного світлодіода.

Список використаних джерел:

1. Будіщев М.С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : підр. – Львів : Афіша, 2001. – 424 с.
2. Принцип роботи датчика потоку води [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ayvaz.com.ua/news/68-printsip-raboty-datchika-protoka-vody>.
3. Принцип роботи датчиків потоку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ayvaz.com.ua/news/68-printsip-raboty-datchika-protoka-vody>.

Н.Ю. Мазурчук, студентка гр. МТ-2
І.А. Омельчук, ст. викладач
Ю.О. Подчашинський, д.т.н., проф., зав. каф.
Л.О. Чепюк, к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ГАЗУ

В результаті аналізу способів комерційного обліку газу можна виділити наступні засоби вимірювання [1–2]:

1) Ультразвуковий витратомір. При використанні ультразвукових (УЗ) витратомірів не порушується цілісність трубопроводу (при використанні накладних датчиків) і в газовий потік не вноситься ніяка перешкода. В даний час найбільшого поширення набули ультразвукові витратоміри двох типів: витратоміри, в яких використовується той факт, що швидкість поширення ультразвукової хвилі C в рухомому середовищі є векторною сумою, яка залежить від швидкості потоку; витратоміри, засновані на ефекті Доплера, що має місце при відображенні ультразвукової хвилі від деякого відбивача або групи відбивачів, що рухаються в потоці рідини.

У витратомірах, що відносяться до першої групи, відхилення величини C визначаються шляхом непрямих вимірювань наступних величин: різниці часів Δt (час-імпульсний метод) проходження ультразвукових імпульсів по потоку і проти нього. Перевагою таких витратомірів є широкий динамічний діапазон 100:1, вони забезпечують вимірювання витрати газу без істотних втрат тиску. УЗ витратоміри знайшли широке застосування на підприємствах нафтогазового комплексу та добре зарекомендували себе, як надійні і точні пристрої. Однак, точність таких витратомірів залежить від швидкості газового потоку. Так само вони мають серйозні вимоги за характером потоку газу. Найістотнішим обмеженням по використанню таких витратомірів є висока вартість (1,5–2 млн грн).

2) Турбінний витратомір. Турбінні витратоміри призначені для вимірювання об'єму газу, що пройшов через них при робочих умовах в одиницях об'єму. Схема турбінного витратоміру наведена на рис. 1. Потік газу обертає крильчатку турбіни, кутова швидкість якої лінійно залежить від витрати газу. Обертання турбіни через магнітну муфту передається на відліковий пристрій, який підсумовує число обертів турбіни і показує кількість газу, що пройшов через витратомір.

Перевагою витратоміра є малі габарити і вага, відносно невисока вартість, відносно низька чутливість до пневмоударів, значний діапазон вимірювання витрати (20:1), стабільність коефіцієнта перетворення. До недоліків можна віднести чутливість до спотворень потоку на вході і виході витратоміра, непрацездатність при мінімальних витратах, підвищена похибка при вимірюванні пульсуючих потоків вимірюваного середовища. Також істотним недоліком такого витратоміра є висока чутливість до запиленості газу, в результаті чого можливий передчасна відмова витратоміра. По монтажу даний витратомір вимагає врізки в технологічний трубопровід.

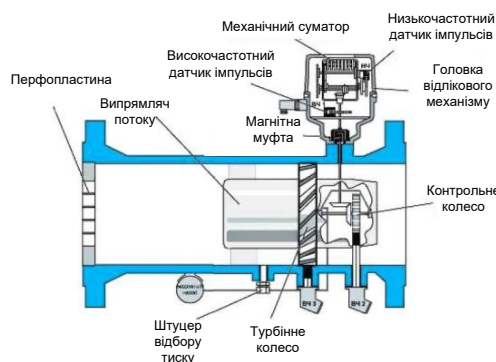


Рис. 1. Турбінний витратомір

3) Ротаційний витратомір. Широке поширення в практиці трубопровідного транспорту нафти і газу при невеликій продуктивності мають ротаційні витратоміри. У них потік середовища, що транспортується, розділяється на порції за допомогою механічного способу. Поділ на порції здійснюється за допомогою ексцентрично укріплених обертючих лопатей або шестерень, рухомих ротором. У процесі руху в певні моменти часу утворюються вимірювальні камери, розмір яких виведений з високим ступенем точності. Кількість порцій в одиницю часу, пропущених через камери, визначається частотою обертання ротора.

Недоліком такого витратоміра є висока чутливість до запиленості газу, в результаті чого можлива передчасна відмова витратоміра.

Схема роботи ротаційного витратоміра наведена на рис. 2. За один оборот роторів (2), розташованих в корпусі (1) витісняється чотири заштрихованих обсяги. У процесі роботи вимірювальна камера, утворена простором між ротором і корпусом, періодично заповнюється газом і спорожняється. Обертання роторів через коробку передач редукується і через магнітну муфту передається на електронний блок.

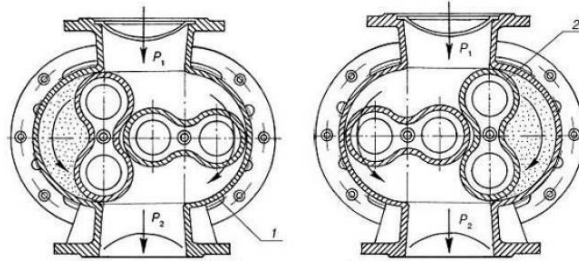


Рис. 2. Схема роботи ротаційного витратоміра

Даний витратомір має достатній динамічний діапазон. Недоліком такого витратоміра є висока чутливість до запиленості газу (навіть у порівнянні з турбінним витратоміром), в результаті чого можливий передчасна відмова витратоміра. Зважаючи на малий діапазон вимірювання витрати, монтаж вимагає внесення додаткової байпасної лінії (лінії відведення) з нитки малої витрати. Це дозволить при низькій витраті переходити на ротаційний витратомір, при збільшенні витрати – на звуження потоку. Таким чином, крім вартості витратоміра з'явиться необхідність закупівлі і монтажу додаткових труб і запірної арматури. Якщо отримуваний газ має неприпустимо високий вміст пилу, то це не дозволяє використовувати даний витратомір.

4) Метод змінного перепаду тиску. Найбільшого поширення серед методів вимірювання витрати отримав метод змінного перепаду тиску (або дросельний метод), який застосовують для вимірювання витрати рідких і газоподібних середовищ, що протікають по трубопроводу круглого перерізу діаметром від 50 мм до 1000 мм за умови повного заповнення перерізу вимірюваним середовищем постійної в'язкості і щільності. Метод змінного перепаду тиску один з найбільш старих і найбільш вивчених методів вимірювання витрати рідких і газоподібних середовищ.

Залежно від конструкції і принципу дії первинного перетворювача виділяють кілька видів вимірювань, але в основі кожного з них лежить залежність перепаду тиску, який створюється первинним перетворювачем від витрати рідини, що протікає. Найбільшого поширення набули засоби вимірювання, що отримали назву «діафрагми». Перевагами даного методу вимірювання є порівняльна простота і компактність вимірювальних пристроїв; точність вимірювання фізичної величини; висока стабільність вимірювання; висока надійність роботи; невисокі вимоги до довжин прямолінійних ділянок; можливість дистанційної передачі даних. Це, а також можливість непрямого) градування та перевірки стандартизованих первинних перетворювачів – звужуючих пристроїв, що реалізують метод, їх простота і надійність, серійність випуску вторинних перетворювачів – дифманометрів обумовлює його надзвичайно широке (порівняно з іншими) використання на практиці промислових вимірювань витрати.

Недоліки: вплив точності установки пристрою звуження на якість вимірювання; необхідність періодичної ревізії пристроїв звуження потоку; необхідність введення поправок на температуру і тиск вимірюваного середовища; втрати тиску в водоводі в силу конструктивних особливостей первинного перетворювача; відносно короткий міжповірочний інтервал; невеликий діапазон виміру. І разом з тим в основі цього чисто гідродинамічного методу лежать настільки складні фізичні процеси деформації потоків, настільки велике число неконтрольованих факторів впливає на характер цих процесів, що застосування його в даний час обмежене областями, де потрібна дуже низька точність вимірювань, хоча можливості його «метрологічного вдосконалення» далеко не вичерпані.

Список використаних джерел:

1. Формулювання та аналіз та вимог до метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальної системи обліку газу / Ю.О. Подчашинський, В.Д. Тарарака, Л.О. Чепок та ін. // Технічна інженерія. – 2021. – № 2 (88). – С. 86–94.
2. Оцінка точнісних характеристик ультразвукового методу в інформаційно-вимірювальній системі обліку газу / Ю.О. Подчашинський, Л.О. Чепок, І.А. Омельчук та ін. // Технічна інженерія. – 2022. – № 2 (90). – С. 108–116.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПАПЕРУ

Система контролю якості (QCS) відноситься до системи, яка використовується для вимірювання та контролю якості параметрів процесів в режимі он-лайн, наприклад паперу, виробленого папероробною машиною. Загалом, система керування пов'язана з вимірюванням і контролем однієї чи кількох властивостей при одночасному вимірюванні.

На папероробній машині QCS призначений для безперервного вимірювання та контролю властивостей рухомого листа у двох вимірах: у машинному напрямку (MD) і в поперечному напрямку (CD). Основна система вимірювання якості, як правило, включає вимірювання профілю вологості і базову вагу паперового полотна.

Безперервні вимірювання можуть включати: вміст золи, колір, яскравість, гладкість і блиск, вагу шару поверхнього покриття, однорідність формування, пористість, орієнтацію волокон і властивості поверхні.

Датчики, що вимірюють якість паперу, прикріплені до сенсорної платформи, розміщеної в сканері. Платформа сканує паперове полотно та безперервно вимірює характеристики паперу від краю до краю. Його також можна направити та зупинити до певної фіксованої точки на полотні, щоб виміряти параметр в одній точці в MD. Сканер вміщує певну кількість місць для вимірювальних датчиків в залежності від побажань виробника паперу.

Неможливо здійснити контроль всіх бажаних параметрів одним універсальним пристроєм. На папероробних машинах можуть одночасно використовуватися до десяти сканерів та датчиків, встановлених у різних точках (пресова частина, перед поверхневою проклеюю, у накаті). Отримані дані візуалізуються в єдиній системі відображення.

Вимоги до ідеального онлайн-датчика папероробної машини включають наступне:

- датчик відкалібровано відповідно до константи під час вимірювання; датчик і відповідна електроніка включають діагностику несправностей;
- сенсорна система не заважає виробництву;
- вимірювання виконуються в режимі реального часу і можуть бути скориговані без затримок;
- вимірювання стосується всього виробництва, а не лише малих зразків.

На існуючій папероробній машині яка виготовляє електроізоляційні папери встановлено QCS яка на даний час контролює 2 технологічних параметри (вагу 1м² та вологість паперу). Для того, щоб забезпечити стабільні параметри, пропоную встановити ще один датчик вологості після пресової частини папероробної машини, що забезпечить початкові дані про вологість паперового полотна і в подальшому регулювання сушильної частини.

Оскільки технологічний процес виготовлення паперу складається, як правило, з великої кількості операцій, для уникнення втрат при виникненні як виправного, так й невивправного браку на багатьох підприємствах передбачено здійснення проміжного контролю.

Діюча QCS складається з: скануючого пристрою, оснащеного системою подачі повітря. На раму встановлена каретка з вимірювальними датчиками, каретка під час роботи переміщується по ширині паперового полотна.

Живлення сканера здійснюється від мережі змінного струму за допомогою системи AC/DC та DC/DC. При перебоях з електроживленням система підживлюється від промислового джерела безперебійного живлення встановленого на станції оператора. Отримані сигнали від датчиків передаються на шафу управління, де обробляються контролером і передаються на станцію оператора для візуалізації.

Шафа управління, центральною ланкою системи контролю якості є промисловий програмований логічний контролер (PLC) Siemens Simatic S7 серії 300. Збірка шафи (ступінь захисту IP55) здійснюється із застосуванням комутаційної апаратури.

Станція оператора виконана на основі промислового ПК з тактильним екраном, має ступінь захисту IP66 і може бути встановлена в зручному для персоналу місці, в безпосередній близькості біля скануючого пристрою. Система графічної візуалізації виконана на базі SCADA Citect / WinCC і має логічний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора. Також станція оснащена промисловим джерелом безперебійного живлення, що виключає втрати даних при перебоях з електроживленням. Зв'язок з шафою керування здійснюється по протоколу Ethernet.

Для вимірювання поточних параметрів паперу на каретку може бути встановлено на вибір до 4 вимірювальних датчиків. Сигнали від датчиків надходять на контролер, обробляються і передаються на систему візуалізації.

Базова система комплектується двома датчиками: датчик вимірювання маси 1м2, радіоізотопний; датчик вимірювання вологості 1м2, інфрачервоний;

Для вимірювання маси 1м2 паперового полотна використовується радіоізотопний датчик. Принцип роботи датчика заснований на залежності проходження іонізуючого випромінювання через матеріал в залежності від його маси і щільності.

Для вимірювання вологості паперового полотна в систему встановлюється інфрачервоний датчик вологості. В основу виміру покладено принцип співвідношення абсорбції речовиною хвиль ближній інфрачервоній області світлового випромінювання. Вимірювання вологості забезпечує комплексне управління витратою енергії всього виробничого процесу. Дані он-лайн вимірювання вологості в реальному часі можуть бути застосовані для економії енергії.

Розроблена вимірювальна системи контролю параметрів паперу представлена на рис.1

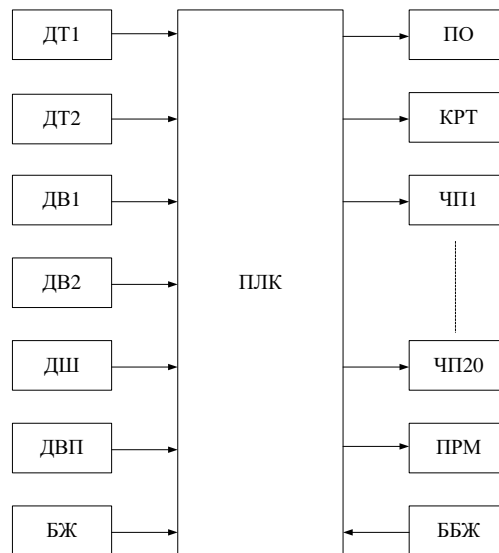


Рис. 1. Структурна схема вимірювальної системи контролю параметрів паперу

Складові структурної схеми системи наступні:

- ДТ1, ДТ2 – датчик температури;
- ДВ1, ДВ2 – датчики вологості;
- ДШ – датчик швидкості;
- ДВП – датчик ваги паперу;
- БЖ – блок живлення, ББЖ – блок безперебійного живлення;
- ПО – пульт оператора;
- КРТ – клапан регулювання тиску насиченого пару;
- ЧП1-ЧП20 – частотні перетворювачі;
- БРМ – паперова робоча машина.

Надійні та довговічні технології інтегрованих і автономних вимірювань дозволяють: значно зменшити споживання енергії за рахунок оптимізації сушіння паперу; підвищити продуктивність машини завдяки швидшому запуску; покращити моніторинг і діагностику машини завдяки кращому видаленню води з паперового полотна.

Сучасні засоби для вимірювання вологості надають інструменти, необхідні для повного наскрізного контролю вологості. Їх пропонують різні виробники, вони можуть мати різний принцип роботи. Задачею проекту є оптимальний підбір способу вимірювання, приладу і інтеграція його в діючу QCS.

Список використаних джерел:

1. Valmet IQ Quality Control System [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.valmet.com/automation/quality-management/quality-control-system-qcs>.
2. Qcs paper belt quality control system based on scanning device [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.trigla.com.ua/en/qcs-paper-belt-quality-control-system-based-on-scanning-device.html>.
3. Voith Quality Control System (QCS) OnQuality[Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://voith.com/corp-en/products-services/automation-digital-solutions/onquality.html>.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ

У даній роботі проведено короткий огляд найпоширеніших методів стабілізації камери, проаналізовано основні переваги та недоліки наведених методів [1–2].

Найбільш відомі наведені нижче методи стабілізації камери.

Цифрова стабілізація. Принцип роботи алгоритмів цифрової стабілізації зображення полягає у програмній обробці відеосигналу із сенсора камери. При увімкненні режиму стабілізації відеокамера фіксує центр зображення, і при виникненні вібрації реальна картинка зміщується у протилежну від переміщення кадру сторону. Так центр кожного обробленого кадру опиняється у центрі зображення, що передається відеокамерою, і виключаються «качання» кадра на екрані. Однак, цей алгоритм має й негативні сторони. У першу чергу, обрізаються периферійні області кадру, а значить, пропадає і вся корисна інформація щодо країв зображення. По-друге, внаслідок роботи алгоритмів, можливе ще більше погіршення реальної роздільної здатності відеокамери [2].

Цифрова стабілізація з використанням гіроскопічних сенсорів. При такому виконанні принцип роботи алгоритму схожий на попередній варіант. Відмінність полягає у тому, що в середині камери встановлено спеціальний чип DSP, який фіксує її фізичне переміщення. Вимірювання здійснюються за допомогою гіроскопічних сенсорів або акселерометрів. Ці вимірювання надходять на процесор відеокамери, де враховуються при компенсації діючої вібрації. Отже алгоритм не просто програмно фіксує область зображення, але й намагається утримати його в центрі. Величини лінійних та кутових переміщень камери враховуються для кожного кадру. І для будь-якого, навіть незначного зміщення корпусу камери, визначається напрямок та величина. Тому процесор для будь-якого кадру з відеоряду має інформацію: куди необхідно змістити поточне зображення, щоб при суміщенні з попередніми кадрами виходила чітка незмазана картина [2].

Технічні переваги і недоліки такого способу у цілому аналогічні варіанту з використанням програмного алгоритму стабілізації: камера не змінюється в габаритах, не вимагає додаткових вкладень, але частина чутливого сенсора займається алгоритмом. Разом із зростанням ефективності компенсації вібрації зростають вимоги до якості реалізації алгоритму. Адже неправильне використання показань із гіроскопічного сенсора може значно погіршити підсумкову картинку. А його вихід із ладу повністю виключає можливість стабілізувати зображення надалі. Але й результати, що демонструються цим способом, значно перевершують попередній варіант [2].

Оптична стабілізація зображення в об'єктиві. При оптичній стабілізації використовується та сама логіка, що й у попередньому випадку. У середині самого об'єктива встановлюється модуль з гіроскопами або акселерометрами, які вимірюють рух камери. Але це переміщення вже компенсується в середині самого об'єктива, за рахунок керування положенням основи з оптичним елементом за допомогою електродвигунів. Тобто, в об'єктиві розташована лінза, яка не реагує на зовнішню вібрацію і зберігає своє положення у просторі незмінним. Тому і на матриці відеокамери надходить статичне зображення кадра, оскільки на віддалені об'єкти вібрація не діє. Завдяки такому принципу, оптична стабілізація і дозволяє досягти найкращих результатів у компенсації зовнішньої вібрації. Крім того, може гаситися не тільки шумова вібрація з широким діапазоном амплітуд і частот, але і паразитні гармонійні коливання. Найважливішою перевагою оптичних методів перед цифровими є використання сенсора повністю, без обрізання частини зображення. Але ефективність методу безпосередньо пов'язана з точністю вимірювання переміщення та швидкістю його компенсації. Отже першорядну важливість грають гіроскопічні сенсори і двигуни об'єктива. Для забезпечення достатньої точності необхідно, по-перше, суттєве збільшення розмірів самого об'єктива, а по-друге, ще більш значне збільшення його вартості. Тому цей метод, зазвичай, реалізується лише у дорогих операторських відеокамерах. Цілком ймовірно, що це пов'язано з тим, що за таку вартість результат не виправдовує вкладень. Крім того, додатковий оптичний елемент може негативно позначатися і на наступних експлуатаційних характеристиках системи відеоспостереження: чутливість, стабільність роздільної здатності [3].

Оптична стабілізація зображення у камері. Для усунення недоліків попереднього методу, пов'язаних з великими розмірами об'єктива, оптичний рухомий елемент може поміщатися в середину самої відеокамери. Сучасний технологічний розвиток дозволяє фіксувати матрицю так, щоб вона не переміщувалася за коливаннями корпусу. Таким чином, компенсується вібрація. У тому числі, стає можливим компенсувати кутові переміщення. Такий підхід дозволяє використовувати будь-який об'єктив, навіть із оптичною стабілізацією, тим самим надаючи недосяжну будь-яким попереднім варіантам

стабільність зйомки. Технічним недоліком є менший, порівняно з оптичною стабілізацією, діапазон компенсованих амплітуд коливань. Так переміщення матриці, швидше за все, не достатньо при зйомці з довгофокусним об'єктивом або з великим зумом.

Стабілізована платформа. Остаточним вирішенням проблеми вібрації є використання зовнішніх стабілізованих платформ. Принципово це та ж рухома платформа з матрицею, що відпрацьовує коливання корпусу. Але замість матриці тут виступає весь пристрій. Завдяки такому підходу знімається проблема з малими розмірами активних елементів конструкції. Адже, оскільки камера встановлюється на таку платформу, розміри сенсорів, двигунів та обчислювальних елементів не обмежені. А значить можна досягти максимальної швидкодії, точності та рівня компенсації вібрації, не зважаючи на габарити та споживану потужність [2]. Крім того, на таку платформу можуть бути встановлені будь-які камери.

У таблиці 1 зазначено переваги та недоліки різних видів стабілізації зображення.

Таблиця 1

Переваги та недоліки різних видів стабілізації

Тип стабілізації	Переваги	Недоліки
Оптична	<ul style="list-style-type: none"> • Немає втрати площі зони огляду • Широкий діапазон компенсованої амплітуди та частоти вібрації • Об'єктив може бути використаний з будь-якою камерою з відповідним кріпленням 	<ul style="list-style-type: none"> • Підвищена вартість • Збільшені розміри об'єктива • Додатковий елемент в об'єктиві може вплинути на параметри зйомки
Цифрова	<ul style="list-style-type: none"> • Алгоритм може бути закладений практично у будь-яку камеру • Поширеність на ринку • Можливе використання окремого процесора для підвищення якості роботи алгоритму 	<ul style="list-style-type: none"> • Часткова стабілізація коливань • Використання лише частини зображення • Можливе погіршення деталізації зображення внаслідок роботи алгоритму
Цифрова з використанням гіросенсора	<ul style="list-style-type: none"> • Більш широкий діапазон компенсованої амплітуди і частоти вібрації, ніж у цифрового способу • Можливе використання окремого процесора для підвищення якості роботи алгоритму 	<ul style="list-style-type: none"> • Підвищена вартість камери • Використання лише частини зображення
Рухома матриця з гіросенсором	<ul style="list-style-type: none"> • Не збільшує габарити камери • Малі вібрації компенсуються з високою точністю • Дозволяє стабілізувати переміщення практично у будь-яких напрямках • Не обмежує вибір об'єктива 	<ul style="list-style-type: none"> • Низька ефективність при великих фокусних відстанях • Малий діапазон компенсованої амплітуди та частоти вібрації • Наддорожче рішення
Стабілізована платформа	<ul style="list-style-type: none"> • Компенсація практично будь-якої вібрації • Підходить для будь-якої камери 	<ul style="list-style-type: none"> • Великі габарити

Сьогодні існує дуже багато методів та засобів стабілізації камери, кожен з яких має різну фізичну природу, вартість та галузь застосування. Але, не зважаючи на це, існує потреба у розробці нових технологій та вдосконаленні вже існуючих, тому що актуальність використання фото – та відеотехніки безупинно зростає.

Список використаних джерел:

1. Нечай С.О. Дослідження ефективності систем стабілізації зображення фотокамер / С.О. Нечай, Т.В. Хильченко // Вісник Національного технічного університету ХПІ. Сер. : Механіко-технологічні системи та комплекси. – 2015. – № 22. – С. 35-38.
2. Системи наведення та стабілізації озброєння / Безвесільна О.М., Квасніков В.П., Цірук В.Г., Чиковані В.В. – Житомир : ЖДТУ, 2014. – 176 с.

Ю.О. Нікітчук, майстер дільниці
КП «Житомиртеплокомуненерго» Житомирської міської ради
Д.Ю. Ткачук, магістр
А.Р. Кравчук, аспірант
Державний університет «Житомирська політехніка»

ТЕПЛОВІЗІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ПІДСТАНЦІЙ

Електроенергетика є невід'ємною складовою життя країни, завдяки їй можливе функціонування галузей промислового виробництва, підтримка інформаційних потоків та загальне забезпечення умов життєдіяльності суспільства. Вищевказане забезпечується безперебійною та ефективною роботою електростанцій, електричних підстанцій та електричних мереж, які вимагають постійного моніторингу, діагностики та обслуговування. Одним із видів діагностики є тепловізійні дослідження та обстеження, які зарекомендували себе як надійний інструмент для виявлення проблем, перевірки стану обладнання та попередження небезпечних ситуацій, пов'язаних з електромережами та електричними підстанціями.

Метою даної роботи є висвітлення основних напрямків застосування тепловізійних досліджень та обстежень електромереж та електричних підстанцій, та їх важливість у підтримки безпеки та ефективності системи електропостачання.

Завдяки універсальності та гнучкості технології тепловізорів, вони можуть бути використані в різних перевірках, дослідженнях та при тепловому аудиті. Одним із найпоширеніших досліджень електромереж є виявлення перегріву. Тепловізори дозволяють виявити високотемпературні точки у ключових елементах систем електромереж, таких як трансформатори, перемикачі, ізолятори тощо, див. рис. 1. Це допомагає ідентифікувати неефективну роботу обладнання, проблеми з електричним з'єднанням або неналежний розподіл електричного навантаження.

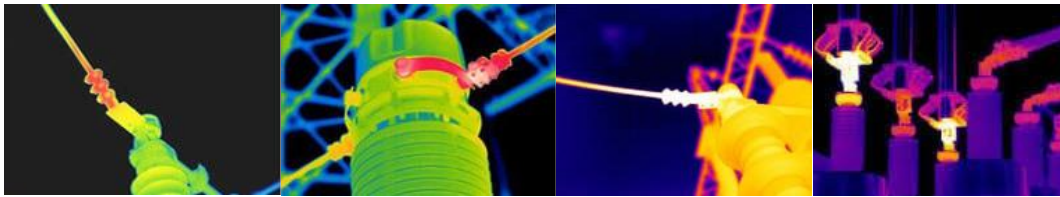


Рис. 1. Тепловізійні зображення високотемпературних точок на електричних мережах та підстанціях [1]

Тепловізійні дослідження дозволяють також виявити небезпеку, пов'язану з перегрівом елементів на локальних електромережах (рис. 2), що може призвести до виходу з ладу обладнання або пожежі. Регулярні обстеження дозволяють оперативно прийняти заходи для усунення проблем та запобігти небезпечній ситуації. Також за допомогою тепловізійних приладів можливо виконати оцінку навантаження та розподілу тепла.



Рис. 2. Тепловізійні зображення перегріву елементів електромережі [2]

Пошук дефектів і несправностей також є поширеним завданням тепловізійних досліджень та обстежень, які допомагають виявити несправності, такі як погані контакти, короткі замикання або проблеми з ізоляцією. Такі дослідження дозволяють попередити виникнення пожеж або своєчасного виходу з ладу обладнання. Перевагами тепловізійних досліджень або обстежень є використання на дистанції, безконтактно на повністю працюючому обладнанні, що дає більше інформації про об'єкт дослідження, заощаджує час та є безпечним для людини.

Список використаних джерел:

1. «Thermal Imaging and Electrical Industry». Режим доступу (електронний ресурс): <https://satir.com/application/thermal-imaging-and-electrical-industry>.
2. «Тепловізійне обстеження підстанцій». Режим доступу (електронний ресурс): <https://energox.com.ua/energoaudyt/teplovizijne-obstezhennya-pidstantsij/>.

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.
Т.О. Толочко, ст. викладач
Д.В. Тесленко, студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського»

ОСНОВНІ КОНСТРУКТИВНІ РІЗНОВИДИ ЄМНІСНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Одним із найбільш досконалих є ємнісний перетворювач (ЄП), що є базовим для побудови багатьох вимірювальних приладів автоматизованих систем вимірювання [1]. Ємність будь-якого перетворювача залежить від трьох основних параметрів: площі S , відстані δ між пластинами і діелектричної проникності середовища ϵ між пластинами перетворювача:

$$C = \frac{\epsilon S}{\delta}. \quad (1)$$

Із наведеної формули (1) бачимо, що зміни ємності можна досягти, змінивши значення однієї з величин δ , S або ϵ .

Прологарифмуємо вираз для C :

$$\ln C = \ln \epsilon + \ln S - \ln \delta. \quad (2)$$

Продиференціювавши (2) і перейшовши до запису, дістанемо:

$$\frac{\Delta C}{C_0} = \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0} + \frac{\Delta S}{S_0} - \frac{\Delta \delta}{\delta_0}. \quad (3)$$

Якщо $S = \text{const}$, $\epsilon = \text{const}$; $\frac{\Delta C}{C_0} \approx \frac{\Delta \delta}{\delta_0}$, маємо варіант конструкції ЄП із змінним зазором, або із змінною відстанню між пластинами (рис. 1, а, б):

$$\frac{\Delta C}{C_0} = \frac{\epsilon S}{\delta_0 \pm \Delta}. \quad (4)$$

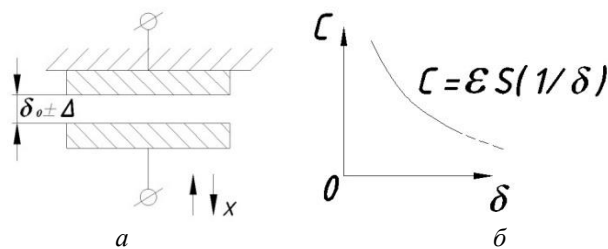


Рис. 1. Ємнісний із змінним зазором: а – конструкція; б – характеристика

Якщо $\epsilon = \text{const}$, $\delta = \text{const}$; $\frac{\Delta C}{C_0} \approx \frac{\Delta S}{S_0}$, можна дістати варіант конструкції ЄП із змінною площею взаємного перекриття пластин (рис. 2, а, б):

$$C = \frac{\epsilon(S \pm \Delta)}{\delta}. \quad (5)$$

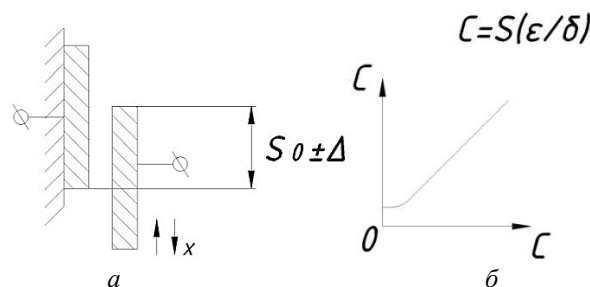


Рис. 2. Ємнісний перетворювач із змінною площею: а – конструкція; б – характеристика

Якщо $\delta = \text{const}$, $S = \text{const}$; $\frac{\Delta C}{C_0} \approx \frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0}$, можна дістати варіант конструкції ЄП із змінною діелектричною проникністю (рис. 3, а, б):

$$C = \frac{(\epsilon_0 \pm \Delta \epsilon) S}{\delta}. \quad (6)$$

Ємнісні перетворювачі зі змінною діелектричною проникністю застосовуються значно рідше за інші.

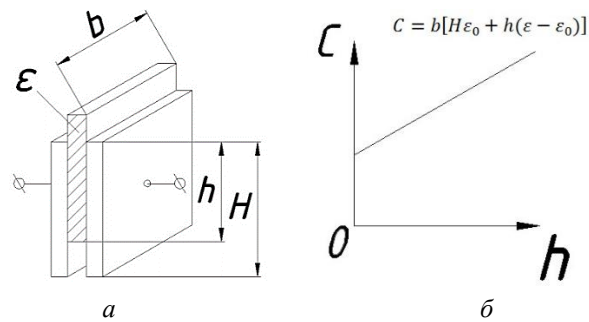


Рис. 3. Ємнісний перетворювач із змінною діелектричною проникністю середовища:
а – конструкція; б – характеристика

На рис.1, а показано схему ЄП зі змінним зазором δ . Характеристика цього датчика $C = f(\delta)$ при сталих значеннях ϵ та S змінюється за гіперболічним законом (рис. 1, б).

На рис. 2, а зображено схему ЄП із змінною площею взаємного перекриття пластин. Його характеристика $C = f(S)$ змінюється майже лінійно (рис. 2, б).

На рис. 3, а показано схему ЄП із змінною діелектричною провідністю. Його характеристика $C = f(\epsilon)$ при сталих значеннях δ і S змінюється лінійно (див. рис. 3, б).

Щоб збільшити чутливість ЄП, застосовують диференціальні конструкції із рухомою середньою пластинною і змінним зазором (рис. 4). Під час переміщення середньої пластини ємність однієї половини такого перетворювача зростає, а другої половини – зменшується, тобто чутливість такого диференціального ЄП порівняно з простим перетворювачем збільшується.

Для диференціального ЄП ємність кожної з його половин:

$$C_{12} = \frac{\epsilon S}{\delta_0 + \Delta}; \quad C_{13} = \frac{\epsilon S}{\delta_0 - \Delta}. \quad (7)$$

Щоб збільшити потужність вихідного сигналу, відстань між пластинами потрібно вибирати мінімальною. Проте при цьому зменшується і можливе переміщення рухомої пластини.

На рис. 5 зображено диференціальний ЄП зі змінною площею взаємного перекриття пластин. Ємність кожної з його половин:

$$C_{12} = \frac{\epsilon S}{\delta_0} \left(\frac{1}{2} + \frac{\Psi}{\pi} \right); \quad C_{13} = \frac{\epsilon S}{\delta_0} \left(\frac{1}{2} - \frac{\Psi}{\pi} \right), \quad (8)$$

де Ψ – кут повороту середньої пластини, що переміщується в межах $\pm \pi/2$.

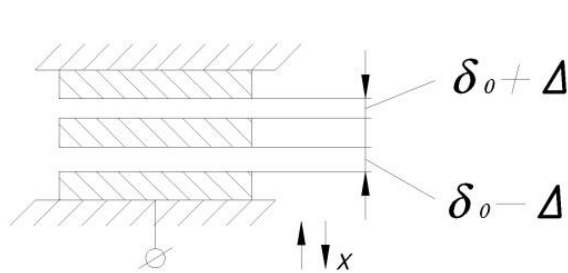


Рис. 4. Диференціальний ємнісний перетворювач із змінним зазором

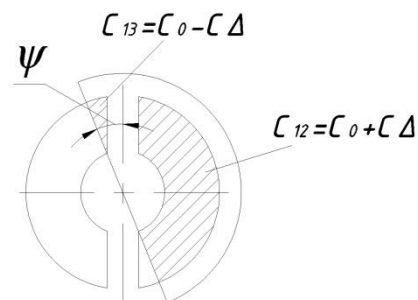


Рис. 5. Диференціальний ємнісний перетворювач із змінною площею

Кожен із наведених різновидів ЄП має свої переваги та недоліки. Однак, найбільш точними є двоканальні або диференціальні ЄП, дослідженню та удосконаленню яких присвячено наукові праці дослідників як КПІ ім. Ігоря Сікорського, так і Державного університету «Житомирська політехніка» [23].

Список використаних джерел:

1. Безвесільна О.М. Перетворювачі фізичних величин. Технічні засоби автоматизації : підруч. / О.М. Безвесільна. – Київ : НПО «Пріоритети», 2019 – 809 с.
2. Прецизійний чутливий елемент автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи / Безвесільна О.М., Тимчик Г.С., Козько К.С., Чепюк Л.О. – Житомир : ЖДТУ, 2016. – 208 с.
3. Безвесільна О.М. Новий прецизійний ємнісний МЕМС чутливий елемент автоматизованого приладового комплексу стабілізатора озброєння легкої броньованої техніки – ДП «Редакція інформаційного бюлетеня» Офіційний вісник Президента України». – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського 2022. – 300 с.

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
А.Г. Ткачук, к.т.н., доц., зав. каф.
В.М. Янчук, к.т.н., доц.
М.С. Гриневич, асистентка
Державний університет «Житомирська політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Проблема вивчення гравітаційного поля Землі є важливою в науці. Дана інформація необхідна у геодезії та геофізиці для розвідки корисних копалин, в сейсмології для передбачення землетрусів та цунамі, в авіації та техніці для коригування систем інерціальної навігації, а також у оборонній галузі для коригування систем керування та стабілізації легких броньованих машин.

Зараз вимірювання параметрів гравітаційного поля Землі на літаках є найбільш актуальними. Вони дозволяють визначати гравітаційні аномалії у важкодоступних районах, таких як зони гірських масивів, полюсів та екватора, дешевше та з більшою швидкістю, ніж наземні або морські вимірювання. Для цього використовують авіаційні гравіметричні системи (АГС), основним елементом яких є гравіметр. Інформація про гравітаційні аномалії або гравітаційне прискорення, які збираються авіаційними гравіметричними системами, значно допоможе підвищити точність визначення навігаційних параметрів рухомих об'єктів та ефективність гравіметричної розвідки. Таким чином, проведення високоточних авіаційних гравіметричних вимірювань є надзвичайно важливим.

Основними компонентами авіаційної гравіметричної системи для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння Δg є (рис. 1): система визначення навігаційних параметрів 1; вимірювач 2 висоти; встановлений на двовісній стабілізованій платформі гравіметр 3; БК 4.

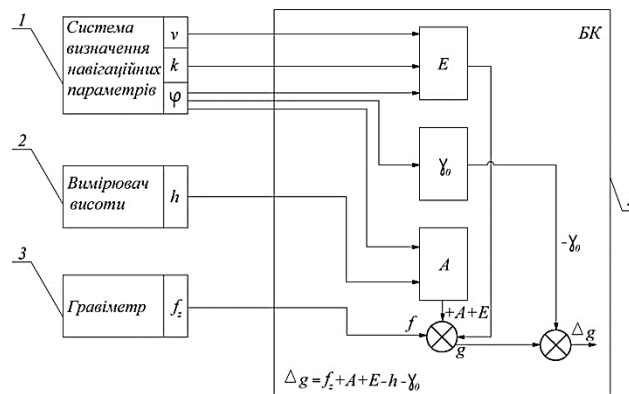


Рис. 1. Авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння: 1 – систему визначення навігаційних параметрів; 2 – вимірювач висоти; 3 – гравіметр; 4 – БК [1]

В загальному випадку рівняння руху АГС виглядає:

$$f_z = g_z - \frac{v^2}{r} + 2e \frac{v^2}{r} \left[1 - 2 \cos^2 \varphi \cdot \left(1 - \frac{\sin^2 k}{2} \right) \right] - 2\omega_3 v \cos \varphi \sin k + 2\dot{h} \frac{e}{r} v \cos k \sin 2\varphi - 2 \frac{\gamma_0 h}{r} - \omega_3^2 h \cos^2 \varphi + \ddot{h}, \quad (1)$$

де f_z – вихідний сигнал гравіметра; g_z – прискорення сили тяжіння вздовж осі чутливості гравіметра; v – швидкість ЛА; r – радіус місцезнаходження ЛА; e – стиск еліпсоїда Землі; φ – географічна широта; k – курс літака; ω_3 – кутова швидкість обертання Землі; h – висота літака над еліпсоїдом; \dot{h} – вертикальна швидкість ЛА; \ddot{h} – вертикальне прискорення ЛА; γ_0 – довідкове значення прискорення сили тяжіння.

Список використаних джерел:

1. Безвесільна О.М. Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри / О.М. Безвесільна. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – 604 с.

А.Ю. Мельник, студент гр. МТ-2
Ю.О. Подчашинський, д.т.н., проф., зав. каф.
І.А. Омельчук, ст. викладач
Л.О. Чепюк, к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАЛІБРУВАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ДЛЯ ІОНОМІРІВ

Кількісна оцінка параметрів вимагає збору достатньої кількості даних вимірювань, які сформулюють статистичну сукупність для впровадження системи контролю якості процесу. Збір необхідної статистичної сукупності базується на використанні стандартів контролю (стандарт перевірки). Їхня мета полягає в забезпеченні постійного вимірювального процесу в мінливих лабораторних умовах і в часі, як з урахуванням мінливості процесу, так і середньої довготривалості процесу.

Кількісна оцінка вибирається для того, щоб задовольнити наступні вимоги:

- вона має той самий характер, що і предмети, що становлять робоче навантаження в лабораторії, а це означає, що він представляє прилади, які зазвичай калібруються відповідно до стандартного лабораторного вимірювального процесу.

- вона досить стабільний, тому його нестабільність недостатньо велика, щоб замаскувати властивості процесу вимірювання.

- вона повністю характеризується з точки зору очікуваної вартості та її невизначеності

- вона присвячений меті контролю якості.

Необхідно отримання достатньої кількості вимірювань (> 12) протягом тривалого періоду часу, відповідно до конкретного процесу вимірювання, який виконується та застосовується лабораторією для того самого класу приладів, які мають бути відкалібровані з типом стандарту контролю.

Якщо калібрування включає лише один еталонний стандарт, артефакт, подібний у відповідь на тестові елементи, може бути визначений стандартом перевірки артефактів. Це не обов'язково повинен бути каліброваним артефактом, і властивості процесу вимірювання приписуються йому, якщо він вимірюється в ті ж самі часові рамки, що й інші елементи в процесі калібрування:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{i,j}$$

Стандартне відхилення n повторень для $v = n-1$ ступенів свободи дорівнює:

$$s_i = s_C = \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{i,j} - \bar{X}_i)^2 \frac{1}{n-1}}$$

і виражає короточасну мінливість вимірювальної системи.

У міру розвитку програми забезпечення вимірювань стандартне відхилення перераховується, щоб скористатися збільшеною базою даних, і, припускаючи, що процес стабільний, це забезпечить більш надійне значення стандартного відхилення.

Стандартне відхилення, засноване лише на двох точках даних, може поєднуватися з іншими подібними оцінками, які були отримані в окремих випадках для одного і того ж процесу, щоб отримати так зване «об'єднане» стандартне відхилення. Об'єднане стандартне відхилення є кращою оцінкою повторюваності процесу вимірювання і вимагає поєднання m добових стандартних відхилень. Результат дорівнює об'єднаному стандартному відхиленню:

$$s_p = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^2} \quad \text{з } v = m(n-1) \text{ ступенями свободи.}$$

Стандартне відхилення значень m контрольних стандарту виражає довгострокову мінливість процесу і дорівнює:

$$s_{chkstd} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (\bar{X}_i - \bar{X})^2} \quad \text{з } v = m-1 \text{ ступенями свободи, і } \bar{X} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{X}_i.$$

Це загальне середнє значення всіх вимірювань, що стосуються стандарту перевірки

Для контролю довготривалої мінливості процесу використовується t-тест. t-тест перевіряє, чи різниця вимірювання Δ_{check} від останнього вимірювання контролю якості суттєво не відрізняється від загальної середньої різниці від попередніх контрольних вимірювань. Статистична характеристика обчислюється на основі поточного вимірювального стандарту перевірки, прийнятого значення еталону перевірки та загального стандартного відхилення. Ця тестова статистика, коли велика за абсолютним значенням порівняно з критичним значенням розподілу t студента, свідчить про відсутність контролю.

T-статистика формується відповідно до рівняння (y – вимірювана величина):

$$t = \left| \Delta y_{check} - \Delta \bar{y}_{check} \right| / s_{chkstd}$$

Процес калібрування знаходиться під статистичним контролем, якщо $t \leq$ критичне значення t – розподілу з n ступенями свободи.

Критичне значення $t_{\alpha/2}(v)$ залежить від v , кількості ступенів свободи при прийнятому загальному стандартному відхиленні та від $\alpha/2$, рівня значущості. Рівень значущості $\alpha/2$, ймовірність помилкового позначення стандартного вимірювання перевірки як позаконтрольного, повинен бути обраний учасником як належно малим, щоб кількість повторних вимірювань, які необхідно зробити через шанс відмова утримується на прийнятному рівні.

Деякі з критичних значень для двостороннього тесту з рівнем значимості $\alpha = 0,05$ представлені в таблиці 1. Зазначається, що ця перевірка не є ефективною у випадках з малими дисперсіями (порядку 0,5 с) або з поступовий дрейф.

Якщо послідовність вимірювань дозволяє отримати середнє відхилення, відношення цього в межах стандартного відхилення до прийнятого в межах стандартного відхилення порівнюється з критичним значенням на основі F-розподілу. Відношення, яке є великим порівняно з критичним значенням, свідчить про відсутність контролю під час послідовності вимірювань.

Контроль короткочасної мінливості процесу базується на визначенні середньоквадратичного відхилення повторюваних серій вимірювань за допомогою того самого стандарту перевірки, s_1, s_2, \dots, s_m згідно з рівнянням (2).

Для кожної нової серії вимірювань обчислюється s_i і його відмінність від об'єднаного стандартного відхилення s_p контролюється за допомогою F-тесту:

$$F = s_i^2 / s_p^2.$$

Повторюваність знаходиться під статистичним контролем, коли:

$F \leq$ критичне значення F-розподілу.

З v ступенями свободи для s_i та $m \times v$ для s_p . Деякі критичні значення для одностороннього тесту з рівнем значимості $\alpha = 0,05$ представлені в таблиці (5 % рівень значущості – $F_{0,05}(v_1, v_2)$).

Таблиця 1

$m \square v$	$v=1$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161,45	199,5	215,71	224,58	230,16	233,99	236,77	238,88	240,54	241,88
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,135	3,072	3,02	2,978
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538	2,494
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447	2,393	2,348
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321	2,265	2,22
30	4,171	3,316	2,922	2,69	2,534	2,421	2,334	2,266	2,211	2,165
36	4,113	3,259	2,866	2,634	2,477	2,364	2,277	2,209	2,153	2,106
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,449	2,336	2,249	2,18	2,124	2,077
45	4,057	3,204	2,812	2,579	2,422	2,308	2,221	2,152	2,096	2,049
50	4,034	3,183	2,79	2,557	2,4	2,286	2,199	2,13	2,073	2,026
60	4,001	3,15	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167	2,097	2,04	1,993
70	3,978	3,128	2,736	2,503	2,346	2,231	2,143	2,074	2,017	1,969
80	3,96	3,111	2,719	2,486	2,329	2,214	2,126	2,056	1,999	1,951
90	3,947	3,098	2,706	2,473	2,316	2,201	2,113	2,043	1,986	1,938
100	3,936	3,087	2,696	2,463	2,305	2,191	2,103	2,032	1,975	1,927

Список використаних джерел:

1. Development of methodological support for the calibration laboratory / Podchashinskiy Yu., Omelchuk I., Bendyukevich K., Melnyk A. // The world of science and innovation. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. London, United Kingdom. 14-16 January 2021. P. 54-58.
2. Омельчук І. А., Волинець Ю. Г., Сироїд А. Р. Прогнозування метрологічної справності засобів вимірювальної техніки статистичними методами оброблення результатів вимірювань // Proceedings of VIII International scientific and practical conference "Modern directions of scientific research development" (January 26-28, 2022) BoScience Publisher, Chicago, USA. 2022. 1008 p. - 2022. - P. 257-259.

ЦИФРОВИЙ ДОЗИМЕТР ДЛЯ МОНИТОРИНГУ РІВНЯ РАДІАЦІЇ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вимірювання радіації – це процес визначення рівня радіаційного випромінювання в певному місці, на об'єкті або в матеріалі. Радіація може бути випромінюванням від природних джерел, таких як сонце або земля, або штучного походження, наприклад, якщо вона виникає в результаті радіоактивного розпаду матеріалів. Для забезпечення безпеки людей, які працюють з радіоактивними матеріалами, а також для оцінки ризиків для населення в цілому необхідно постійно вимірювати рівень радіації. Для цього використовуються різноманітні прилади, які дозволяють вимірювати рівень радіаційного випромінювання в різних одиницях вимірювання, таких як Зіверти (Sv) або Рентген (R).

Прилади для вимірювання радіації можуть бути портативними, стаціонарними або встановленими на спеціальних дронах. Ці прилади дозволяють визначати рівень радіаційного випромінювання в різних середовищах, таких як повітря, вода, ґрунт або будь-які матеріали. Цифровий дозиметр являє собою переносний портативний пристрій, що працює від батареї живлення. Він реагує на альфа, бета, та гамма випромінювання. Вимірювання будуть проводитися в мкР/год. В основі конструкції лежить слюдяний лічильник Гейгера-Мюллера СБТ10А. Конструкція цього лічильника фактично є збіркою з 10 лічильників Гейгера, що дозволяє отримати результат з більшою точністю, та меншим часом заміру. Він є первинним вимірювальним перетворювачем. Основні технічні характеристики лічильника СБТ10А наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики лічильника СБТ10А	
Напруга початку відліку, В, не більше	260-320
Плато, В, не більше	80
Нахил плато, % / 1В, не більше	0.3
Власний фон, імп / с, не більше	2.17
Чутливість по швидкості ліку, імп / мкР при 4 мкР/с	322.5–402.3
Амплітуда імпульсу напруги, В, не менше	5
Опір ізоляції цоколя, Ом	10^{10}
Ефективність реєстрації бета-випромінювання, %	35

Структурна схема цифрового дозиметра наведена на рис. 1.

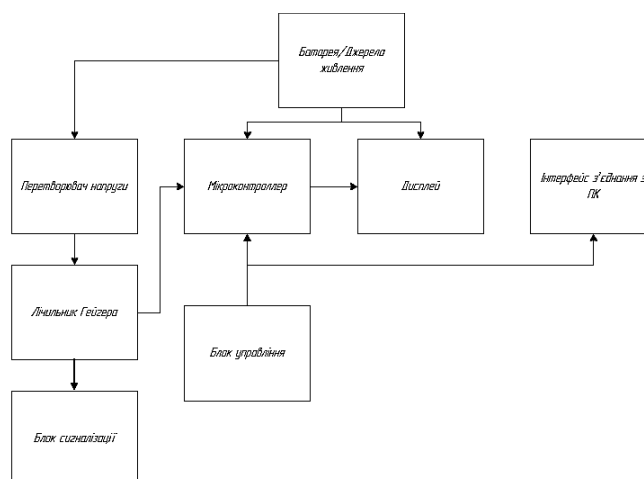


Рис.1 Структурна схема цифрового дозиметра

Основним джерелом живлення є батарея 3,7 В, вона може бути як формату 18650, так і батареєю від мобільних телефонів. Для початку відліку лічильника СБТ10А потрібно мінімум 260 В, для цього буде потрібно використати перетворювач напруги з 3.7В в 350 В. Його можна реалізувати як на основі трансформатора з індуктивністю в 10 мГн, так і на основі готових індуктивностей у вигляді дроселів. Весь обробку, а також перетворення сигналів і відлік імпульсів виконується мікроконтролером АТМЕГА88РА-АУ. Інформація щодо вимірної дози та рівень заряду батареї виводиться на РК – дисплей. Передбачено блок сигналізації у вигляді п'єзодинаміка. Прилад можна підключати до ПК, для перепрограмування або перенесення даних, для подальшої обробки. Управління приладом виконується двома кнопками.

Список використаних джерел:

1. Omelchuk I, Podchashinskiy Yu. Use of statistical methods for forecasting of time of preservation of metrological serviceability of counters of aerosol particles // Ninth World Congress "Aviation in the XXI-st c.", K., National Aviation University, September 22-24, 2020. - P. 122-130.

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.
А.О. Назаренко, магістрант, гр. ПМ-21мп
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

ДВОКАНАЛЬНИЙ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ ГРАВИМЕТР АВТОМАТИЗОВАНОЇ ГРАВИМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

У процесі розвитку науки й техніки, зокрема у сфері вимірювань прискорення сили тяжіння, що діє на досліджуваний об'єкт, було розроблено певну кількість різновидів гравіметрів. Гравіметр – це прилад, який призначений для здійснення вимірювання параметрів гравітаційного поля. Гравіметри бувають оптичними, лазерними, кварцовими та іншими. Серед певної кількості таких приладів можна виділити двоканальний п'єзоелектричний гравіметр, який характеризується підвищеною точністю шляхом компенсації негативних впливів збурень.

Двоканальний п'єзоелектричний гравіметр (ДПГ) заснований на принципі п'єзоефекту – явища, за якого деякі матеріали генерують електричний сигнал у результаті дії механічного напруження або деформації п'єзо пластин. ДПГ є чутливим елементом автоматизованої гравіметричної системи.

ДПГ призначені для вимірювання зміни параметрів гравітаційного поля. Двоканальний п'єзоелектричний гравіметр містить два канали вимірювання. Використовується для вимірювання вертикальної складової прискорення сили тяжіння.

Загальний принцип генерування електричного сигналу на основі явища прямого п'єзоефекту можна виразити співвідношенням: $Q = k \cdot F$. Рівень електричного заряду Q , який генерується п'єзоелементом, прямо залежить від двох складових: п'єзоелектричного коефіцієнта k , який характеризує залежність заряду від деформації, та прикладеної сили F , яка діє на систему, що призводить до деформації п'єзо пластин. Таким чином, вимірюючи електричний сигнал на виході гравіметра, можна визначити значення сили, або масу, яка була прикладена ззовні.

У конструкції ДПГ паралельно один до одного розташовані п'єзопластини, які поєднані з електричною схемою, що здійснює вимірювання сигналу. У результаті впливу зовнішнього збурення, наприклад зміни гравітаційного поля, відбувається деформація п'єзопластин, що своєю чергою генерує електричні сигнали U_1 та U_2 після чого вони вимірюються, розраховуються, і видаються у вигляді вихідного сигналу $U_{вих}$.

Використання двох каналів, або двох п'єзоелементів, обумовлено тим, що завдяки їх поєднанню можна компенсувати вплив зовнішніх негативних факторів, таких як вібрації, шум чи температура, які впливають на точність вимірювань. Завдяки цьому також можна здійснювати незалежні виміри зміни рівня електричного сигналу, зокрема сили або маси, яка діє на конкретний елемент, для їх порівняння, а також для визначення різниці сигналів.

Використовуючи ДПГ можна здійснювати вимірювання дуже малих змін гравітаційного поля з високою точністю, а також з'являється можливість досліджувати динаміку його зміни.

ДПГ можуть застосовуватися у різних сферах діяльності, але найчастіше – для вирішення різного роду науково-дослідних та інженерно-технічних завдань: у сфері наукових досліджень, зокрема геології та геофізики, де існує потреба вимірювання зміни гравітаційного поля Землі, а також у сфері авіації та космічної промисловості, де існує потреба вимірювання маси або сили з високою точністю і низькою чутливістю до певного переліку зовнішніх негативних факторів, що необхідно для корекції систем навігації.

Дослідження у цьому напрямку дадуть нові можливості і кращу точність для вирішення певних задач аналізу гравітаційного поля у вище описаних галузях науки і техніки.

Список використаних джерел:

1. Безвесільна, О. М. Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри [Текст] / О. М. Безвесільна. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – 604 с.
2. Безвесільна О.М. Перетворювачі фізичних величин. Технічні засоби автоматизації / Підручник. – НПО «Пріоритети»: Київ. 2019 – 809 с.

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

А.Г. Ткачук, к.т.н., доц., зав. каф.

Державний університет «Житомирська політехніка»

С.О. Нечай, доц.

А.О. Назаренко, студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

ТРИКООРДИНАТНИЙ ЧУТЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Одним із найбільш досконалих є п'єзоелектричний чутливий елемент (ЧЕ) або п'єзогравіметр. Хоча його точність на сьогоднішній день, також, не є достатньою (2 мГал). Він вимірює один із компонентів прискорення сили тяжіння (ПСТ) на вісь чутливості, при чому, він не може вимірювати повний модуль ПСТ. Актуальною є задача підвищення точності п'єзоелектричного ЧЕ автоматизованої системи керування (АСК). У роботах [1–5] продемонстровано новий трикоординатний п'єзоелектричний гравіметр (ТП) ЧЕ АСК, який має більш високу точність (1 мГал) за інші ЧЕ.

Підвищення точності вимірювання у ТП забезпечується за рахунок того, що по кожній осі вимірювання (Oz, Ox і Oy) прискорення сили тяжіння встановлено чутливий елемент Az, Ax, Ay, сконструйований з двома каналами, у кожному з них встановлено один, ідентичний до інших, п'єзоелемент. Інерційні маси закріплено внизу п'єзопластини п'єзоелементів одного каналу та зверху п'єзопластини п'єзоелементів іншого каналу. П'єзопластини кожного чутливого елемента мають частоту власних коливань, що визначається у точці перетину спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та основної завади вертикального прискорення рухомого об'єкта (у даному випадку, літака). П'єзоелемент першого каналу чутливого елемента працює на основі деформації розтягу, п'єзоелемент другого каналу – на основі деформації стиснення.

Вихідні електричні сигнали п'єзопластин обох каналів кожного чутливого елемента надсилаються до входів операційних підсилювачів, які, окрім підсилення здійснюють функцію підсумовування сигналів, після цього надходять на входи бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ).

У БЦОМ проводитимуться потрібні розрахунки для визначення значення повного вектора \vec{g} та модуля $|g|$ прискорення сили тяжіння.

Звідси, завдяки використанню трьох чутливих елементів Az, Ax, Ay, можна виміряти повний вектор прискорення сили тяжіння \vec{g} : $\vec{g} = \vec{g}_x + \vec{g}_y + \vec{g}_z$, а не тільки одну його складову g_z , як у однокомпонентному пезогравіметрі (ПГ). ТП забезпечує вимірювання повного модуля прискорення сили тяжіння, а не однієї його складової, як у однокомпонентному ПГ: $|g| = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$. Також усувається вплив вертикального прискорення АСК на покази ТП відразу двома способами: 1 – використання у трьох п'єзоелементів Az, Ax, Ay додаткового каналу вимірювання; 2 – завдяки встановленню частоти власних коливань трьох п'єзоелементів гравіметра Az, Ax, Ay, що дорівнюють частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та сигналу основної завади вертикального прискорення літака [1–4].

Отже, вище розглянутий трикоординатний п'єзогравіметр АСК значно забезпечує підвищення точності вимірювання прискорення сили тяжіння.

Сьогодні одним із найбільш перспективних чутливих елементів автоматизованих систем керування (АСК) вважається трикоординатний п'єзогравіметр (ТП) [1–4]. Наведемо принцип дії ТП АСК.

На кожну вимірювальну вісь ТП діє вертикальне прискорення літального апарата та інструментальні похибки за рахунок впливу залишкової неідентичності конструкцій подібних п'єзопластин та ваги, від динамічної зміни вологості, тиску та температури середовища перебування.

На п'єзоелементи, окремо на кожен канал, трьох чутливих елементів Az, Ax, Ay, що розташовані на осях Oz, Ox і Oy діє прискорення сили тяжіння g_z , g_x та g_y .

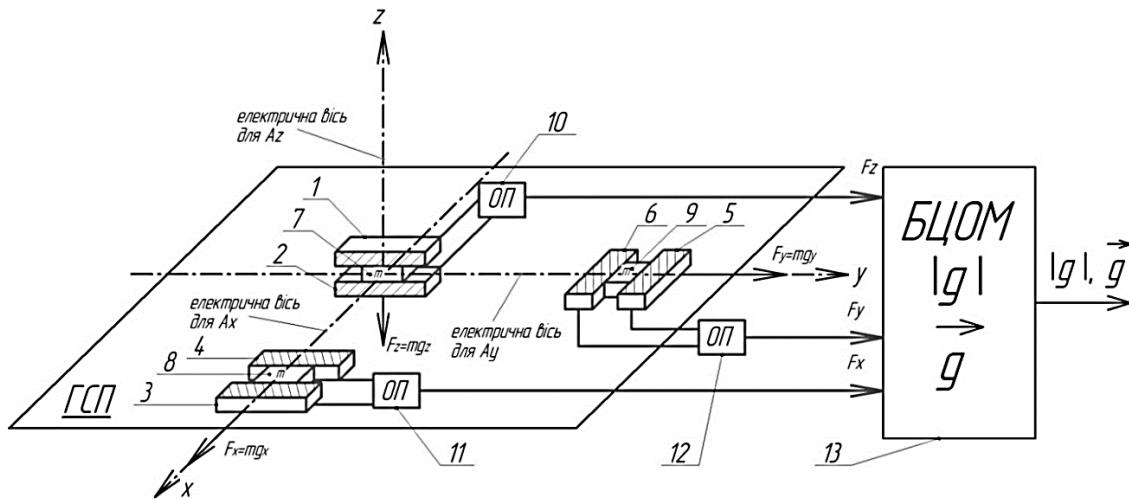


Рис. 1. Принципова схема нового трикоординатного п'єзогравіметра [1, 3]

При задіянні для трьох двоканальних п'єзоелементів A_z , A_x , A_y , згідно алгоритму роботи схеми вимірювання, що розглянуто в [1, 3, 4], на входах бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ) 13 отримуємо три сигнали, що містять подвійні значення прискорення сили тяжіння по кожній осі $2g_z$, $2g_x$ та $2g_y$, де відсутнє значення вертикального прискорення рухомого об'єкта (РО) та інструментальних похибок від впливу залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та мас, через вплив зміни вологості, температури та тиску зовнішнього середовища. Дані сигнали підсилюються та підсумовуються у операційних підсилувачах ОП10, ОП11, ОП12 і відправляються до БЦОМ13, у якому відбувається розрахунок повного модуля прискорення сили тяжіння:

$$|g| = \sqrt{(2kmg_x)^2 + (2kmg_y)^2 + (2kmg_z)^2} = 2km\sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2},$$

повного вектора прискорення сили тяжіння:

$$\vec{g} = \vec{g}_x + \vec{g}_y + \vec{g}_z;$$

де m – інерційні маси 7,8,9 кожного п'єзоелементі; k – п'єзоелектрична стала (однакова у всіх п'єзоелементів через їх ідентичність).

У результаті, вихідним сигналом БЦОМ 13 буде повний модуль прискорення сили тяжіння, в якому відсутній вплив вертикального прискорення РО та інструментальних похибок через вплив залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та мас, від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища, також, значення повного вектора прискорення сили тяжіння. Отже, трикоординатний п'єзогравіметр АСК матиме вищу точність ніж уже відомий однокомпонентний п'єзогравіметр [1].

Таким чином, у даній роботі наведено принципову схему трикоординатного п'єзоелектричного гравіметра. Розглянуто його принцип дії, переваги перед іншими гравіметрами.

Список використаних джерел:

1. Безвесільна О.М. Двокомпонентний п'єзоелектричний гравіметр автоматизованої гравіметричної системи. Монографія. – ДП «Редакція інформаційного бюлетеня» Офіційний вісник Президента України». Київ, з грифом КПІ ім. Ігоря Сікорського: Київ. 2020 – 250 с.
2. Безвесільна О.М. Перетворювачі фізичних величин. Технічні засоби автоматизації / Підручник. – НПО «Пріоритети»: Київ. 2019 – 809 с.
3. Безвесільна О.М., Ткачук А.Г., Хильченко Т.В., Бичук Р.В. Патент «Трикоординатний п'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи» а 2015 09858 Бюл. №22 від 25.11.2016 по заявці а 2015 09858 Бюл. №7 від 11.04.2016.
4. Безвесільна О. М. Прецизійний приладовий навігаційний комплекс та його чутливі елементи. Монографія / Безвесільна О.М. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ДП НВЦ «Пріоритети», 2019. – 451 с.
5. Безвесільна О.М., Ткачук А.Г. П'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи. – Житомир: ЖДТУ, 2013. – 240 с.