

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 004.9:62-5

**АВТОМАТИЗОВАНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС
ВИСОКОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИТРАТ ХІМІЧНО АКТИВНИХ РІДИН***Черепанська І. Ю., Садченко В. М.**Національний технічний університет України**”Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна**E-mail: vladsad1997@gmail.com*

Стаття присвячена автоматизації контролю витрат хімічно активних речовин у режимі реального часу з високою точністю та швидкістю, яка є важливою задачею сучасних виробництв, що характеризуються гнучкістю та безперервністю виробництва, а також небезпечністю для здоров'я людей та навколишнього середовища. Важливість цієї задачі обумовлюється постійно зростаючими вимогами світового ринку та міжнародними стандартами щодо якості продукції, ефективності та безпечності функціонування виробництв. Системи контролю та визначення витрат (СКВВ), що широко використовуються, часто є малоефективними або непридатними для вирішення низки найважливіших завдань виробництв, що використовують хімічно активні рідини. У зв'язку з цим актуальною є проблема розробки власних конкурентоспроможних систем контролю та визначення витрат хімічно активних рідин з високою точністю, швидкістю, простою експлуатації та можливістю роботи в автоматизованому режимі.

На основі критичного аналізу сучасних досліджень в галузі СКВВ хімічно активних речовин обґрунтовано необхідність розробки власного автоматизованого технологічного комплексу високоточного контролю витрат (АТКВКВ) хімічно активних рідин, зокрема спиртів, та представлено його структурну схему. Пропонований АТКВКВ являє собою багаторівневу систему, у якій інтегровані різні за складом, принципами роботи та функціональними можливостями технічні та програмні засоби автоматизації, функціональна сукупність яких дозволить забезпечити високу точність і швидкість вимірювання в автоматизованому режимі та режимі реального часу. У цілому пропонований АТКВКВ хімічно активних рідин на кожному рівні реалізований у вигляді відповідних взаємопов'язаних підсистем. В якості базового елементу нижнього рівня використовується розроблений прецизійний вихровий витратомір із тілом обтікання спеціальної форми, що є стійким до виникнення паразитних шумів при вихроутворенні. Відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO / DIS 3651-2 критичні елементи вихрового витратоміру захищені від агресивного впливу спиртів.

Ключові слова: хімічно активні рідини; витрати; витратомір; автоматизація; високоточне вимірювання витрат.

Вступ

Автоматизований контроль витрат хімічно-активних речовин (наприклад, кислот, лугів, гарячих смол, жовтого фосфору, хлористого ангідриту, аміаку, перекису водню, розчинників та ін.) в режимі реального часу з високою точністю та швидкістю є надзвичайно важливою та специфічною задачею сучасних харчових, фармакологічних, хімічних, металургійних, машинобудівних, оброблювальних та ін. виробництв, що характеризуються гнучкістю та безперервністю технологічних процесів, а також їх небезпечністю для здоров'я людей та навколишнього середовища. Успішний розв'язок цієї задачі сприяє оптимізації витрат ресурсів на підприємствах, оптимальному керуванню запасами, плануванню виробництв, забезпеченню стабільності технологічних процесів, необхідної якості продукції та конкурентоспро-

можності підприємств в цілому. Актуальність та важливість цієї задачі обумовлюється постійно зростаючими вимогами світового ринку та міжнародними стандартами щодо якості продукції, ефективності та безпечності функціонування виробництв.

Постановка проблеми

Неухильне зростання вимог до якості продукції, ефективності та екологічної безпечності виробництв висуває нові, дедалі вищі вимоги до систем контролю, визначення та керування витратами хімічно активних рідин. Системи контролю та визначення витрат, що широко використовуються на вітчизняних виробництвах часто є малоефективними або непридатними для вирішення низки найважливіших завдань виробництв, що використовують хімічно активні рідини, напри-

клад, при вимірюванні параметрів високотемпературних рідких середовищ і плазм, рідин змінної густини та в'язкості, рідких середовищ з різними включеннями, організації систем екологічного контролю, водопостачання та водовідведення, очищенні стічних вод тощо. Досить часто підприємства звертають свою увагу на закордонні системи контролю витрат (СКВ). Проте це супроводжується великими витратами на їх впровадження та експлуатацію. У зв'язку з цим актуальною є проблема розробки власних конкурентоспроможних високоточних комплексів і систем контролю та визначення витрат, у тому числі хімічно активних рідин, з високою точністю, швидкодією, простою експлуатації та можливістю роботи в автоматичному або автоматизованому режимі, а також порівняно із зарубіжними меншими витратами на розробку, впровадження та експлуатацію.

Пропонований автоматизований технологічний комплекс для високоточного контролю витрат (АТКВКВ) хімічно активних рідин, зокрема спиртів, з автоматизованою обробкою даних в режимі реального часу є перспективною розробкою. АТКВКВ хімічно активних рідин перебуває на стадії розробки.

Науково-практичне значення даної розробки полягає у забезпеченні можливості високоточного та швидкодіючого вимірювання витрат хімічно активних речовин, зокрема спиртів, автоматизованої обробки вимірювальної інформації в режимі реального часу внаслідок використання високоточних вимірювальних перетворювачів (розроблено вихрового витратоміру), а також новітніх методів обробки інформації та прийняття рішень (технологій штучного інтелекту, генетичних алгоритмів, м'яких обчислень тощо).

Метою роботи є обґрунтування структури автоматизованого технологічного комплексу високоточного контролю витрат (АТКВКВ) хімічно активних рідин, зокрема спиртів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз літературних джерел [1-7] показав, що СКВВ, які широко використовуються на підприємствах, а також власне контроль витрат хімічно-активних речовин в умовах сучасних гнучких та безперервних виробництв зазвичай виконується із застосуванням спеціальних вимірювальних приладів (турбінних витратомірів [1, 7], витратомірів перепаду тиску з п'єзоелектричними перетворювачами та перетворювачами тиску [2, 5, 6], перетворювачів швидкості потоку [4], ультразвукових рівнемірів [4]), програмно-алгоритмічних засобів (програмованих логічних контролерів (ПЛК) та мікроконтролерів [1, 6], Arduino [4]) та відповідних фізико-хімічних методів (ультразвукових [4], п'єзоелектричних [2, 5, 6], ефекту Холла [7]).

Так, у роботі [1] наведено схему та принципи роботи СКВВ різних типів рідин з низькою хіміч-

ною активністю (вода, олія, бензин тощо), яка побудована на основі турбінного витратоміра GemsSensors серії FT-210 та ПЛК APB-12MRDL, що працює за спеціально розробленим алгоритмом. Водночас, похибка вимірювання є надто великою і становить 3%. Очевидним недоліком представленої у статті системи контролю витрат є низька точність вимірювання через велику похибку, що обмежує можливості її використання у виробництвах.

У статті [2] представлено СКВВ на основі витратоміру змінного перепаду тиску, що має трубку Вентурі з двома п'єзоелектричними перетворювачами для вимірювання витрат та одним контрольним перетворювачем тиску. Для підвищення швидкодії вимірювання, зокрема зменшення часу затримки спрацьовування вимірювального приладу при швидкій зміні величини витрат рідини, а також зменшення розмірів представленої СКВВ використані спеціальні запатентовані авторами високочутливі перетворювачі тиску з температурною компенсацією. Реєстрація та обробка вимірювальної інформації у цій системі здійснюється в автоматичному режимі спеціально організованою інформаційною підсистемою (ІП), що є складовою СКВВ. Узагальнено робота ІП СКВВ полягає у тому, що дані з п'єзоелементів безперервно передаються на мікроконтролер DAQsystem, а з нього після відповідної обробки на комп'ютер користувача (ПК). Автоматизована обробка вимірювальної інформації з витратоміру у ІП здійснюється з використанням спеціального програмного забезпечення у програмному середовищі Labview.

Незважаючи на високий рівень автоматизації представленої в роботі [2] СКВВ, вона має низку наступних недоліків: вузький діапазон вимірювання через використання витратоміру змінного перепаду тиску, низький ступінь захисту засобів вимірювання та робочих органів від агресивного впливу хімічно-активних рідин.

В роботі [3] автором описано переваги та недоліки релейних СКВВ, які використовуються для збору даних з певною періодичністю у наперед визначені інтервали часу, наприклад, при вимірюванні витрат хімікатів та інших рідин. Такі СКВВ побудовані на базі реле часу або таймерів, які встановлюють на окремих ділянках високовартісних та енергоємних технологічних процесів з рідинами, у тому числі хімічно-активними, що пов'язані з їх розподілом, перекачкою тощо. У статті вказано, що у релейних СКВВ вимірювання та контроль витрат здійснюється не постійно, а періодично у наперед визначені проміжки часу, що задаються таймерами або реле часу, які відіграють роль перемикачів, та відкривають і закривають клапани, запускають насоси для розподілу рідин протягом наперед визначених інтервалів часу. Основним недоліком таких СКВВ є надмірні енерговитрати при їх роботі, адже спрацьовування

виконавчих механізмів відбувається у наперед визначені інтервали часу, що задані таймерами, незалежно від наявності рідини. Крім того, у даних СКВВ не передбачено контроль наявності рідини у трубопроводі або контроль її перевищат.

У статті [4] представлено СКВВ для визначення витрат рідини у відкритому потоку. СКВВ розроблена на основі програмно-алгоритмічних засобів. В якості первинних елементів СКВВ використано перетворювач швидкості потоку YF-S201, ультразвуковий рівнемір HC-SR04. Для автоматизованого керування процесом застосовано мікроконтролер ArduinoUNO та Bluetooth модуль HC-06, з використанням якого організовано дистанційну передачу даних на зовнішні пристрої, наприклад, смартфон. Крім того, у статті [4] вказано про можливість застосування цієї ж елементної бази для побудови СКВВ рідини у трубопроводах під тиском, що значно підвищує рівень гнучкості таких СКВВ та розширює сферу їх використання.

Проте представлена у статті СКВВ для визначення витрат рідини у відкритому потоці не може бути використана для вимірювання витрат хімічно активних рідин без суттєвого доопрацювання щодо забезпечення захищеності її складових від хімічної взаємодії з контрольованою рідиною.

У статті [5] наведено СКВВ, у якій передбачено зменшення впливу зовнішніх збурень і підвищення точності вимірювання газу за рахунок використання двох послідовно встановлених витратомірів перепаду тиску та контролюючої апаратури, а саме зразкового витратоміру в байпасі, гігрометра і хроматографа в трубопроводі. Для досягнення стійкості до основних зовнішніх збурень використовується метод багатоканальності. До недоліків такої схеми можна віднести вузький діапазон вимірювання, значні втрати тиску в трубопроводі, складність схеми вимірювання.

В статті [6] представлено СКВВ повітря, що побудована на основі витратоміра змінного перепаду тиску (дифманометра GA 100-015WD з діапазоном вимірювання від 0 до 3736 Па), керованої заслінки, яка використовується як орган регулювання, крокового двигуна 42M048C, що є виконавчим органом, який керує заслінкою, і мікроконтролеру AVRATMega8 для керування двигуном через драйвер L293D. Авторами вказано, що СКВВ стійка до зовнішніх збурень, а час її стабілізації в загальному випадку становить близько 7 с. Проте ця СКВВ має значні втрати тиску через використання витратоміра змінного перепаду тиску, вузький діапазон вимірювання та не може бути використана для вимірювання витрат хімічно активних рідин без суттєвого доопрацювання.

В роботі [7] авторами представлено СКВВ води в іригаційній системі. В якості первинного елементу системи використовується турбінний витратомір G1/2, швидкість обертання його чутливого елементу відстежується з використанням

перетворювачів на ефекті Холла. Керування останнім здійснюється за допомогою мікроконтролеру AtmelAT89S52. До основних переваг наведеної в статті СКВВ води в іригаційній системі можна віднести низьку ціну її комплектуючих та високу ступінь автоматизації, що дозволяє керувати швидкістю потоку води за часом та внаслідок передачі керуючого сигналу на насос. Основні недоліки цієї СКВВ - великі втрати тиску на витратомірі, недосконалість алгоритму роботи в частині запобігання виникненню аварійних ситуацій, неможливість її використання для вимірювання витрат хімічно активних рідин без суттєвого доопрацювання, щодо забезпечення захищеності складових СКВВ від агресивності хімічно-активних рідин.

Отже, можна стверджувати, що більшість СКВВ відноситься до систем побудованих на перетворювачах, що можуть контактувати лише з хімічно нейтральними рідинами. Це накладає суттєві обмеження на можливість їх використання для побудови систем автоматизованого контролю, визначення та управління витратами хімічно активних рідин.

Автоматизований технологічний комплекс високоточного контролю витрат хімічно активних рідин

Пропонований АТКВКВ розроблений на основі новітніх досягнень науки та техніки в галузях витратометрії, електроніки, автоматизації, інформаційно-комп'ютерних технологій, та поєднує такі переваги, як точність та швидкодія вимірювання, простота використання, універсальність, надійність, можливість автоматизованої обробки вимірювальної інформації в режимі реального часу. АТКВКВ може застосовуватись для високоточних та швидкодійних вимірювань витрат хімічно активних речовин, зокрема таких промислово важливих продуктів, як технічні (ізопропіловий, бензиловий, бутиловий, ізоаміловий та ін., що використовуються в авіації у системах протизледеніння, охолодження агрегатів, у кисневому обладнанні, підвищенні октанового числа палива тощо), харчові насичені та ненасичені спирти.

АТКВКВ представляє собою багаторівневу систему взаємодіючої сукупності різноманітних технічних та програмних засобів автоматизації з неоднорідними властивостями (рис. 1).

Нижній рівень (*0-рівень*) АТКВКВ являє собою підсистему високоточного вимірювання витрати (ПВВВ). На даному рівні здійснюється формування вхідного вимірювального сигналу α_{in}^U . Базовим елементом ПВВВ є спеціально розроблений високоточний вихровий витратомір із захистом від агресивного впливу вимірюваної рідини у відповідності до вимог міжнародного стандарту ISO/DIS3651-2 [8]. Підвищена точність попередньо розробленого вихрового витратоміру досягається за рахунок використання тіла обтікання спе-

ціальної циліндричної форми зі сточеними поверхнями та гідроканалами (рис. 2), що дозволяє зменшити паразитні шуми, які виникають при вихровотворенні, та є однією із основних складових похибки вимірювання. Загалом ефективність засто-

сування тіл обтікання спеціальних форм для зменшення паразитних шумів і підвищення точності вимірювання вихрових витратомірів, доведено багатьма сучасними дослідниками [9, 10].

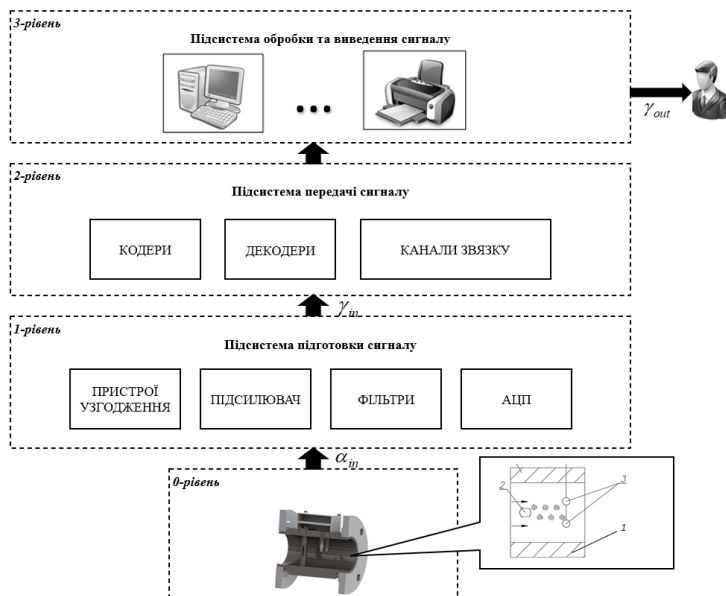


Рис. 1. Структурна схема АТКВКВ хімічно активних рідин: 1 – корпус вихрового витратоміра; 2 – тіло обтікання; 3 – п'єзоелектричні перетворювачі

Для реєстрації величини вібраційних навантажень (пульсації тиску з обох боків від тіла обтікання) та генерації відповідного електричного вихідного сигналу (змінної напруги з частотою F , що пропорційна величині витрати Q) використовуються п'єзоелектричні перетворювачі тиску з кварцовим чутливим елементом, що генерують вихідний сигнал змінної напруги U з амплітудою 10 В та частотою F , Гц, що корелює з вимірюваною величиною витрати Q рідини.

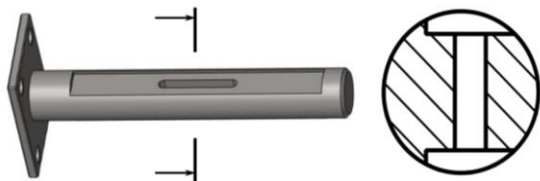


Рис. 2. Тіло обтікання застосовуваного вихрового витратоміру

Завдяки високій чутливості, вони з успіхом використовуються для вирішення різноманітних прецизійних вимірювальних задач. З врахуванням того, що точність вимірювання залежить від чутливості та коефіцієнту передачі перетворювача, запропоновано використання п'єзоелектричних перетворювачів тиску, наприклад, ICP® компанії PCB Piezotronics (США) [11].

Саме таким чином на виході ПБВВ формується аналоговий електричний сигнал у відповід-

ності до величини витрати Q , що чисельно дорівнює величині напруги, яка генерується перетворювачем при впливі на нього вібраційних навантажень певної частоти та амплітуди:

$$\alpha_{in}U \subset \{-U(t); [F(t)=kQ]\},$$

що подається на наступний рівень (1-рівень), утворений підсистемою підготовки сигналу (ППС). На цьому рівні здійснюється попередня обробка аналогових сигналів $\alpha_{in}U$ від ППВВ для їх коректної подальшої комп'ютерної обробки з використанням нейротехнології та технології Soft Computing. Базовим елементом ППС є блок АЦП первинного аналогового сигналу $\alpha_{in}U$ від ППВВ у цифровий код, що являє собою множину двійкових чисел:

$$\alpha_{in}^U \rightarrow \gamma_{in} \subset \{N_i | i = \overline{1, n}\},$$

яку отримуємо з АЦП:

$$N = \{N_i | i = \overline{1, n}\},$$

де i – значення, що приймає число N із множини натуральних цілих чисел від 0 до 1.

Особлива ефективність від функціональної взаємодії п'єзоелектричних перетворювачів тиску з АЦП досягається при використанні блоку АЦП зі входами безпосередньо під ІСР-сенсор, наприклад, сігма-дельта АЦП LTR24-2 або LTR25. Окрім цифрової обробки сигналу α_{in}^U АЦП у ППС здійснюється фільтрація від вібраційних та паразитних шумів, які обумовлюються температурними флуктуаціями

потоків рідини та флуктуаціями тиску. Фільтрація може здійснюватися як апаратними засобами, так і програмними методами, наприклад, за методом ковзних середніх. У цілому завдяки високій роздільній здатності оцифрованого аналогового сигналу a_{in}^U у АЦП (до 24 розрядів), високій спектральній вірності перетворення, великому співвідношенню сигнал-шум ($SNR \approx 146$ db) АЦП, а також фільтруванню сигналу досягається висока точність вимірювання. Вказане у сукупності дозволяє досягти похибки вимірювання 0,5 %.

З ППС множина сигналів у цифровій формі γ_{in} через підсистему передачі сигналу (ППРС) (2-рівень) передається на підсистему обробки та виведення сигналу (ПОВС) (3-рівень), базовим елементом якої є блок штучного інтелекту, у якому за нейротехнологіями та технологіями Soft Computing у режимі реального часу здійснюється аналіз і обробка результатів вимірювання з генерацією відповідного керуючого впливу та представленням результатів у зручній для користувача формі (табличній та / або графічній) через спеціальний інтерфейс користувача. Зважаючи на досвід розробки та застосування нейромережових технологій та технологій Soft Computing в задачах обробки інформації у квазістабільних середовищах, їх високу точність і швидкодію (до масштабів реального часу), що відображено у публікаціях [11 – 13], ефективність застосування нейротехнологій та технологій Soft Computing для розв'язання поставленої у статті задачі не викликають сумніву. Блок штучного інтелекту може бути реалізований із використанням відповідних нейроімітаторів та інтегрований в операційну систему комп'ютера. Використання нейротехнологій та технологій Soft Computing на етапі аналізу та обробки результатів вимірювання, а також генерації відповідного керуючого впливу дозволяють автоматизувати та підвищити швидкодію вимірювання до масштабів реального часу. Таким чином досягається вища точність та швидкодія процесу вимірювання у цілому.

Висновки

Проведений критичний аналіз останніх досліджень і публікацій щодо досліджень у галузі систем контролю витрат хімічно активних рідин показав наступне:

- більшість систем контролю витрат побудовані на перетворювачах, які можуть контактувати тільки з хімічно нейтральними рідинами, що не дозволяє їх використовувати для вирішення означеної проблеми;
- існує необхідність розробки власного автоматизованого технологічного комплексу високоточного контролю витрат хімічно активних рідин, зокрема спиртів.

Представлено структуру запропонованого автоматизованого технологічного комплексу високоточного контролю витрат хімічно активних рідин,

зокрема спиртів, що являє собою багаторівневу складну систему, у якій інтегровані різні за складом, принципами роботи та функціональними можливостями технічні та програмні засоби автоматизації.

Передбачається, що функціональна сукупність спеціально розроблених технічних та програмних засобів автоматизації, що є складовими пропонованого автоматизованого технологічного комплексу високоточного контролю витрат хімічно активних рідин, дозволить забезпечити високу точність та швидкодію вимірювання в автоматизованому режимі та режимі реального часу.

Перспектива подальшої роботи – вдосконалення структури автоматизованого технологічного комплексу високоточного контролю витрат хімічно активних рідин, зокрема спиртів, приведення її до виду, придатного для виробництва.

Література

- [1] S. Włodarczak, M. Ochowiak, M. Doligalski, B. Kwapisz, A. Krupińska, M. Mrugalski, and M. Matuszak, “Flow rate control by means of flow meter and PLC Controller,” *Sensors*, 21(18), p. 6153, 2021. Doi: 10.3390/s21186153.
- [2] M. Catelani, L. Ciani, and M. Venzi, “Flow rate AMS - automatic measurement system,” *Journal of Physics: Conference Series*, 1065, p. 102008, 2018. Doi:10.1088/1742-6596/1065/10/102008.
- [3] R. Childs, (2016) *Accurate flow measurement, Processing magazine*. [Online]. Available at: <https://www.processingmagazine.com/process-control-automation/instrumentation/flow-measurement/article/15586879/accurate-flow-measurement> (Accessed: October 26, 2022).
- [4] B. B. Koshoeva, N. I. Mikheeva, D. I. Mikheev, and A. T. Bakalova, “Arduino-based automated system for determining water flow consumption in open flow”, *Journal of Physics: Conference Series*, 2142(1), p. 012009, 2021. DOI:10.1088/1742-6596/2142/1/012009.
- [5] Z. A. Dayev, G. E. Shopanova, and B. A. Toksanbaeva, “Invariant method for measuring wet gas flow rate”, *Izmeritel'naya Tekhnika*, (6), pp. 13–19, 2021. DOI:10.32446/0368-1025it.2021-6-13-19
- [6] A. Akbar, C. Saputra, M. M. Munir, and Kh. Khairurrijal, “Design and implementation of Automatic Air Flow Rate Control System”, *Journal of Physics: Conference Series*, 739, p. 012011, 2016. DOI:10.1088/1742-6596/739/1/012011.
- [7] R. Sood, M. Kaur, and H. Lenka, “Design and development of Automatic Water Flowmeter”, *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications*, 3(3), pp. 49–59, 2013. DOI: 10.5121/ijcsea.2013.3306.
- [8] EN ISO 3651-2:1998. Corrosion resistant steels. Determination of resistance to intergranular corrosion. Part 2: Ferritic, austenitic and ferritic

- austenitic (duplex) steels. Corrosion test in media containing sulfuric acid.
- [9] A. Venugopal, A. Agrawal, & S. V. Prabhu, “Review on vortex flowmeter – Designer perspective”, *Sensors and Actuators A: Physical*, 170(1-2), pp.8–23, 2011.
DOI: 10.1016/j.sna.2011.05.034
- [10] M. R. Rzasa, and B. Czaplak-Nielacna, “Analysis of the influence of the Vortex Shedder shape on the metrological properties of the vortex flow meter”, *Sensors*, 21(14), p. 4697, 2021.
DOI: 10.3390/s21144697.
- [11] Industrial Sensors ICP. PCB Piezotronics. [Online]. Available at: <https://www.pcb.com/industrial-sensors/accessories/-icp-signal-conditioners> (Accessed: November 2, 2022).
- [12] Irina Cherepanska, Elena Bezvesilna, Artem Sazonov, Sergey Nechai, Oleksandr Pidtychenko, “Development of artificial neural network for determining the components of errors when measuring angles using a goniometric software-hardware complex”, *Eastern-European journal of enterprise technologies*, № 5/9 (95), pp. 43-51, 2018. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.141290
- [13] I. Cherepanska, O. Bezvesilna, Yu. Koval, A. Sazonov, “Intelligent precise goniometric system of analysis of spectral distribution intensities for definition of chemical composition of metal-containing substances”, *Metallophysics and Advanced Technologies*, vol. 42, no. 10, pp. 1441–1454, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.41.02.0263>
- [14] I. Ju. Cherepanska, A. Ju. Sazonov, S. V. Kalchuk, O. F. Sokolovskyi, O. S. Sivaieva, “Intellectual system for automated determination of the quality of processing of surfaces of natural stones,” *Bulletin of the Karaganda University – Physics*, 1(105)/2022, p. 15 – 26, 2022.
DOI: 10.31489/2022PH1/15-26

UDC 004.9:62-5

I. Cherepanska, V. Sadchenko*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine***AUTOMATED TECHNOLOGICAL COMPLEX OF HIGH-PRECISION FLOWRATES CONTROL OF CHEMICALLY ACTIVE LIQUIDS**

The article is devoted to the actual problem of real-time automated control of the chemically active substances consumption with high accuracy and quickness, which is an important task of modern industries characterized by flexibility and continuity of production, as well as being dangerous to human health and the environment. The importance of this issue is determined by the constantly growing requirements of the global market and international standards regarding product quality, efficiency and safety of production operations. Widely used control and consumption systems are often inefficient or unsuitable for solving a number of the most important tasks of industries that use chemically active liquids. Therefore, the problem of developing our own competitive easily-operated high-precision technological complexes and systems for controlling and determining the flowrate of chemically active liquids with high accuracy, quickness and the possibility of working in automated mode is relevant.

In the article, based on a critical analysis of modern research in the chemically active substances flowrates control systems branch, the necessary to develop an automated technological complex for high-precision control of chemically active liquids flowrates, in particular alcohols, is substantiated, and its structural diagram is presented. The proposed technological complex of high-precision control of chemically active liquids flowrates is a multi-level complex system with technical and software automation tools of different composition, working principles and functional capabilities. Its functional set ensures high accuracy and quickness of measurement in automated and real-time mode. In general, the proposed automated technological complex of high-precision control of chemically active liquids flowrates at each level is implemented in the form of four corresponding interconnected subsystems. As a basic element in the lower level of automated technological complex of high-precision control for chemically active liquids flowrates, a developed precision vortex flowmeter is used, which is resistant to the occurrence of parasitic noises when a vortex is formed behind the streamlined body due to the use of a special shaped and designed streamlined body. Furthermore, in accordance with the requirements of the international standard ISO/DIS 3651-2, the protection of the vortex flowmeter contact elements from the aggressive chemical influence of alcohols is ensured. That increases the reliability of the proposed automated technological complex of high-precision flow control of chemically active liquids in general.

Keywords: chemically active liquids; flow rate; flowmeter; automation; high-precision consumption control.

*Надійшла до редакції
12 жовтня 2022 року*

*Рецензовано
18 листопада 2022 року*



© 2022 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).