

А. Сапаров, О. Гащенко, І. Тихонова\*, І. Єфремов\*  
ТзОВ “Акустотехнік”, м. Львів, вул. Зелена, 149  
\*Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра гідравліки та сантехніки

## УЛЬТРАЗВУКОВІ ЗАСОБИ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ ТА ОХОРОНИ ВОДНОГО БАСЕЙНУ

© Сапаров А., Гащенко О., Тихонова І., Єфремов І., 2009

Наведено результати розробки різних моделей ультразвукового цифрового КОНЦЕНТРАТОМІРА КР–1. Його впровадження на промислових підприємствах різних галузей дозволяє зменшити скидання забруднених стічних вод у міську водовідвідну мережу або водойму. Застосування КОНЦЕНТРАТОМІРА КР–1 виключає численні проміжні операції під час виконання аналізів технологічних розчинів, що економить електроенергію та час. Розглянуто принцип дії КОНЦЕНТРАТОМІРУ КР–1, зазначено галузі промислових підприємств і відповідні варіанти виконання приладу.

Results of the development of digital acoustic CONCENTRATION METER KP have been presented in this paper. It's implementation at a variety industrial enterprises decrease the sewage escape into overpipe systems and water reservoirs. Application of CONCENTRATION METER KP–1 involves the numerous operations in analyses of technological media. Devise's modifications and it's application in different branches of industry examined in this paper.

**Постановка проблеми.** Складна екологічна ситуація, яка загострилась останніми роками у водному господарстві України, вимагає дійових заходів захисту водного басейну від забруднення. Значний негативний внесок у забруднення поверхневих вод недостатньо очищеними стічними водами роблять промислові об'єкти, передусім теплові електричні станції (ТЕС), теплоелектроцентралі (ТЕЦ), котельні, промислові підприємства хімічної, нафтохімічної, інших галузей. Різноманітні забруднювальні речовини надходять у поверхневі водойми, а також у міські водовідвідні мережі від підприємств харчової промисловості. Таку ситуацію спричинює практично повна відсутність на промислових підприємствах сучасних засобів автоматичного аналітичного контролю за перебігом основних технологічних процесів, зокрема й вимірювання концентрацій технологічних розчинів.

Застосування таких аналітичних приладів дозволило б заощаджувати сировину і реагенти, виключаючи їх передозування, а також мати швидкий і надійний зворотний зв'язок зі спостережуванним технологічним процесом для своєчасного його коригування. Це, своєю чергою, економить електроенергію, час і трудові ресурси, а також зменшує забруднення водного басейну.

Отже, постає проблема створення цифрових засобів автоматичного експрес-контролю концентрацій різноманітних хімічних речовин у технологічних розчинах.

**Аналіз наявних досліджень і публікацій.** Надзвичайно перспективним і водночас практично нереалізованим для цілей визначення концентрацій технологічних розчинів є акустичний (ультразвуковий) метод. Більшість досліджень у галузі гідроакустики [1–4] бачить прикладне аналітичне застосування цього методу для вимірювання геометричних параметрів. Практично відсутні роботи, присвячені застосуванню ультразвуку для визначення концентрацій водних і водно-органічних розчинів.

**Мета статті.** Метою роботи є аналіз і систематизація експериментальних матеріалів щодо приладів вимірювання і автоматичного контролю концентрацій речовин у технологічних розчинах, а також можливість їх застосування безпосередньо в технологічному обладнанні на підприємствах різних галузей промисловості.

**Отримані результати.** В ТзОВ «Акустотехнік» (м. Львів) було розроблено автоматичний цифровий прилад КОНЦЕНТРАТОМІР КР. [5]. Принцип дії КОНЦЕНТРАТОМІРА КР–1 ґрунтується на вимірюванні швидкості поширення ультразвуку в водному розчині, яка залежить від концентрації речовини в цьому розчині. На швидкість поширення звуку впливає температура, тому прилад вимірює одночасно й температуру розчину. Прилад забезпечує також автоматичну термокомпенсацію результатів вимірювання концентрації.

Автоматичний цифровий КОНЦЕНТРАТОМІР КР–1 різних варіантів виконання (таблиця) призначений для вимірювання концентрацій різноманітних неорганічних і органічних речовин у технологічних розчинах безпосередньо в технологічному обладнанні – реакторах, мірних ємностях, баках-нагромаджувачах, продуктопроводах тощо.

КОНЦЕНТРАТОМІР КР–1 зареєстрований в Державному реєстрі засобів вимірювальної техніки за номером У774-01. Похибка вимірювання цим приладом не перевищує  $\pm 0,5\%$ .

### Технологічні розчини та варіанти виконання КОНЦЕНТРАТОМІРА КР–1

Промислове підприємство або виробництво	Технологічний розчин	Градуювальний розчин, концентрація	Варіант виконання КОНЦЕНТРАТОМІРУ КР–1
ТЕС, ТЕЦ, котельні, дільниці хімоводопідготовки для парових котлів низького та середнього тиску	Концентрований розчин кухонної солі	Водний розчин хлориду натрію NaCl з концентрацією 0 – 26,5 %	КР – 020 СОЛЕМІР
	Регенераційний розчин кухонної солі для На-катіонітових фільтрів		
Системи охолодження технологічного обладнання промислових підприємств	Розчин кухонної солі як холодоагент	0 – 26,5 %	КР – 021
Хлібозаводи. Консервні заводи	Розчини кухонної солі різних концентрацій		
ТЕС, ТЕЦ, дільниці хімоводопідготовки для парових котлів. Хімзаводи	Концентрований розчин каустичної соди	Водний розчин гідроксиду натрію NaOH з концентрацією 0 – 50,0 %	КР – 041
ТЕС, ТЕЦ, дільниці хімоводопідготовки для парових котлів. Хімзаводи	Концентрований розчин сірчаної кислоти	Водний розчин сульфатної кислоти H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> з концентрацією 85 – 100 %	КР – 042
Підприємства з виробництва пива, безалкогольних і слабоалкогольних напоїв	Пивне сусло	Водний розчин цукрози C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> з концентрацією 0 – 20 %; 50 – 80 %	КР – 010 САХАРИМЕТР
	Перше сусло, промивні води, цукрові сиропи		
	Дифузійний сік		
	Сік на випарку		
Цукрові заводи	Цукровий сироп з випарки		
Спиртові, лікєро-горілчані заводи	Водно-спиртові розчини	Водний розчин етилового спирту C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH з концентрацією 0 – 20 %; 30 – 100 %	КР – 040 СПИРТОМЕТР

Прилад можна відградувати за різноманітними хімічними речовинами, які містяться в специфічних розчинах конкретних технологічних процесів. Базові моделі приладу відградувані за водними розчинами хлориду натрію (кухонна сіль) NaCl (СОЛЕМІР), гідроксиду натрію (каустична сода) NaOH, сульфатної кислоти H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, цукрози (цукор) C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> (САХАРИМЕТР), етилового спирту C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (СПИРТОМЕТР), нітратної кислоти HNO<sub>3</sub>. Варіанти виконання приладу, галузі його застосування й основні технічні характеристики наведено в таблиці.

Конструкційно прилад складається з блока управління, блока датчиків, з'єднувального кабелю. Блок датчиків можна встановлювати в реакторах, мірних ємностях, баках-нагромаджувачах, трубопроводах. Результати вимірювання концентрації та температури висвічуються на цифрових табло блока управління. Прилад здійснює перерахунок акустичних параметрів або на концентрацію речовини в одиницях МЧСР (масова частка сухої речовини), або на густину розчину. Дані вимірювань можна передавати на самозаписувачі (сигнал 4 – 20 мА) або на комп'ютер.



*КОНЦЕНТРАТОМІР КР-1-П:*

- 1 – акустичний датчик; 2 – з'єднувальний кабель;  
3 – електронний блок; 4 – перемикач ON / OFF;  
5 – кнопка підсвічування екрана індикації*

Зручною у роботі є новітня розробка ТзОВ “Акустотехнік” – прилад портативного виконання КОНЦЕНТРАТОМІР КР-1-П (переносний). Конструкційно він складається з електронного блока (блока індикації), блока датчиків і з'єднувального кабелю (рисунок). Результати вимірювання концентрації і температури висвічуються на цифровому табло електронного блока.

Помітну загрозу водному басейну становлять недостатньо очищені виробничі стічні води промислових підприємств. На міських водовідвідних очисних спорудах далеко не всі забруднювальні речовини піддаються біодеградації та знешкодженню, і тому потрапляють у природні водойми.

Часто і в великих обсягах утворюються виробничі стічні води з високим загальним солемістом. Вони виникають, наприклад, під

час експлуатації на об'єктах теплової енергетики катіонітових водопом'якшувальних установок, обладнаних Na-катіонітовими фільтрами.

Водопом'якшувальні фільтри працюють у періодичному режимі: етап власне пом'якшення води змінюється етапом регенерації Na-катіоніту. Регенерація повинна здійснюватись розчином кухонної солі NaCl строго заданої концентрації (8–10 %). Недотримання цієї вимоги призводить до низки негативних наслідків:

- У разі використання регенераційного розчину солі з концентрацією понад 10 % відбувається осмотичне руйнування полімерної матриці катіоніту. Варто урахувати, що вартість катіоніту КУ-2 дуже висока – понад \$1200 за тонну, а в один фільтр завантажується понад 3 тонни.
- Якщо регенерацію фільтра проводити розчином кухонної солі, меншої, ніж потрібно, концентрації, катіоніт відновлює свою здатність до пом'якшення не повністю, отже, пропорційно зменшується і продуктивність фільтра.
- Зростає скидання сольових розчинів у міську водовідвідну мережу або водойму, що спричинює додаткове забруднення водного басейну мінеральними солями, а також збитки для підприємства через сплату штрафів.

Недосконалим є насамперед реагентне господарство на згаданих об'єктах. У напірних солерозчинниках, які випускає вітчизняна промисловість і встановлені в цехах водопідготовки, регенераційний розчин кухонної солі на початку регенерації фільтрів практично насичений (26 %), а в кінці регенерації його концентрація становить всього 2–3 %. Нині в Україні в цехах водопідготовки немає апаратного оформлення сучасного методу безперервного контролю за процесом приготування

водного розчину кухонної солі з підтриманням концентрації NaCl на заданому рівні. Впровадження приладу КР – 020 СОЛЕМІР забезпечує простий, експресний, надійний і високоточний контроль за приготуванням розчину кухонної солі сталої концентрації 8–10 %.

У цехах водопідготовки потужних енергетичних об'єктів для регенерації Na-катионітових водопом'якшувальних фільтрів часто застосовують каустичну соду (гідроксид натрію) NaOH. Проблеми, притаманні процесу приготування розчину кухонної солі, аналогічні й для цього регенераційного розчину. Прилад КР – 041 дозволяє промислового підприємству істотно економити дорогий реагент і електроенергію для його приготування, а також підвищувати якість регенерації фільтрів. Помітно зменшується скидання високомінералізованих і лужних стічних вод у системи каналізації населених пунктів і в поверхневі водойми.

Автоматичні цифрові КОНЦЕНТРАТОМІРИ КР–1 впроваджені й протягом багатьох років успішно працюють у цехах хімоводопідготовки котельень на таких промислових об'єктах, як Львівська ТЕС–1, Одеський нафтопереробний завод «Лукойл» (прилад КР – 020 СОЛЕМІР для вимірювання концентрації NaCl), Бурштинська ТЕС (прилад КР – 041 для вимірювання концентрації NaOH), а також на інших промислових підприємствах.

**Висновки та рекомендації.** Впровадження КОНЦЕНТРАТОМІРА КР–1 усіх варіантів виконання дозволяє ефективно керувати технологічними процесами, оскільки інформація про поточні концентрації надходить оперативно, без додаткових операцій, і відразу ж передається в комп'ютерні системи контролю. Це виключає трудомісткі й тривалі операції відбору проб аналізованого розчину, їх консервування, транспортування до лабораторії, виконання аналізу за традиційними методиками, ручної обробки отриманих аналітичних результатів. Застосування КОНЦЕНТРАТОМІРА КР–1 покращує якість продукції, яку випускає промислове підприємство, економить електроенергію і час, заощаджує дорогі хімічні реагенти, дає змогу раціонально використовувати робочу силу.

Наведені матеріали дають підставу рекомендувати ультразвуковий прилад КОНЦЕНТРАТОМІР КР–1 як засіб експрес-контролю концентрацій різноманітних речовин у технологічних розчинах у системах водопідготовки та очищення виробничих стічних вод теплових електростанцій, теплоелектроцентралей, котельень, промислових підприємств хімічної, харчової та інших галузей промисловості.

1. Брусиловский Л.П., Вайнберг А.Я. Приборы технологического контроля в молочной промышленности: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 288 с. 2. Неразрушающий контроль. Кн. 2. Акустические методы контроля: Практик. Пособие / И.Н. Ермолов, Н.П. Алёшин, А.И. Потапов / Под ред. В.В. Сухорукова. – М.: Высшая шк., 1991. – 283 с. 3. Ультразвуковой контроль материалов: Справочник / Й. Крауткремер, Г. Крауткремер: Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1991. – 752 с. 4. Судовые эхолоты / А.А. Хребтов и др. – Л.: Судостроение, 1982. – 232 с. 5. Сапаров А., Гащенко О. Акустотехнік: ультразвуковий концентратомір // Ринок інсталяцій. – 2003. – Т.7. – № 9. – С. 45. 6. Сапаров А., Гащенко О., Тихонова І. Ультразвукове визначення концентрації солі й цукру в розчинах їх сумішей // Ринок інсталяцій. – 2003. – Т.7. – № 9. – С. 16–17.