

КОНДУКТОМЕТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ ПІД ЧАС ДОСЛІДЖЕНЬ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ НА ГІДРОМОДЕЛЯХ

© Щербатюк Б.І., Звягін В.М., 2004

Розглянуто застосування кондуктометричного методу для вимірювання концентрацій водяних розчинів солей при гідравлічному моделюванні вентиляції приміщень. Розроблено вимірювальний перетворювач із занурювальною електролітичною коміркою, який дозволяє перетворювати опір комірки в напругу постійного струму і проводити її реєстрацію. Наведено результати досліджень кондуктометричного пристрою та його характеристики.

Questions of application conductivity a method for measurement of concentration of substances are considered at hydraulic modeling ventilation of premises. The measuring converter with electrolytic a cell which allows to transform the measured resistance of a cell to a voltage of a direct current is developed. Results of researches developed conductivity devices and his characteristics are resulted.

Дослідження вентиляції приміщень громадського або промислового призначення, в яких закладено нові архітектурно-планувальні рішення і сучасне технологічне обладнання, найдоцільніше й економічно вигідніше проводити не в натурних умовах, а в лабораторіях на моделях цих приміщень чи будинків [1]. На моделях можна вивчати весь комплекс питань, пов'язаних із формуванням тепломасообмінних процесів під час вентиляції приміщень, виокремлюючи, за потреби, із загальної картини компоненти і виявляючи при цьому причинні зв'язки. Моделі можуть бути повітряними і водяними гідравлічними.

Моделювання вентиляції приміщень, в яких робочим середовищем слугує повітря (повітряні моделі) застосовували в багатьох провідних науково-дослідних інститутах колишнього Радянського Союзу. Так, у роботі [7] наведена методика розрахунку моделей вентиляції приміщень при одночасному виділенні тепла і газів, у роботі [8] розглядаються питання моделювання вентиляції приміщень при виділенні токсичних газів в ізотермічних умовах, а в роботі [9] зосереджується увага на питаннях вентиляції приміщень в нестационарних режимах виділення шкідливостей.

Гідравлічне моделювання, в окремих випадках, має переваги над повітряним – воно більш візуальне і дає кращі результати під час вивчення вентиляції приміщень, які характеризуються малими швидкостями повітряних потоків [2]. Гідравлічні моделі вентиляції приміщень досить важко розрахувати внаслідок невирішених деяких питань з теорії моделювання і складністю їх технічної реалізації. Літературних джерел з досліджень вентиляції приміщень на гідромоделях небагато [3].

Моделюючи джерела газових шкідливостей у гідравлічних моделях за допомогою водяних розчинів солей, можемо знаходити концентрацію цих солей не тільки в робочій зоні, а й у всьому об'ємі моделі. Метод дає можливість вивчати способи впливу на концентрацію солей у робочій зоні приміщень у бік зменшення їх величини за допомогою повітрообмінів, зміни схем організації повітрообмінів (СОП), місцевих відсмоктів, їх конструкцій, місця розташування тощо.

Як робоче тіло в гідравлічній моделі застосовано слабкий водяний розчин сірчаноокислого натрію Na_2SO_4 , який характеризується незначною корозійною активністю.

За основний чутливий елемент для вимірювання величини питомої електропровідності χ іонних розчинів контактним способом прийнята двоелектродна занурювальна електролітична комірка ЕК (рис. 1). Для електродів використані нікелеві пластинки розміром 5×5 мм, товщиною 0,3 мм з провідниками для включення у вимірювальну схему.

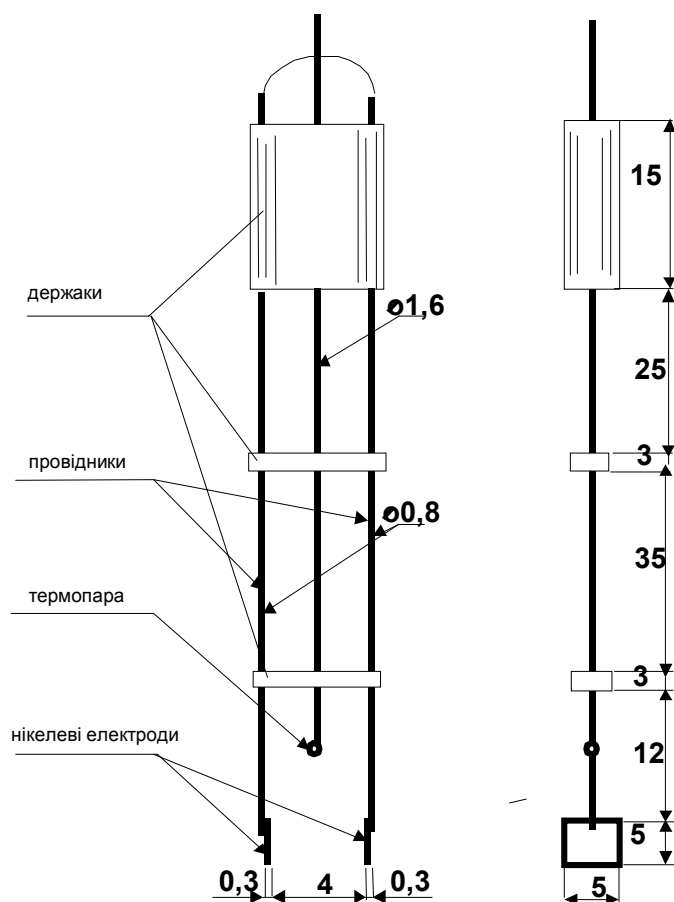


Рис. 1. Конструкція двоелектродної занурювальної електролітичної комірки

Опір рідкого провідника між електродами можна записати у вигляді виразу [2]

$$R_{p.п} = \frac{L}{S \chi}, \quad (1)$$

де $R_{p.п}$ – опір рідкого провідника, Ом; L – довжина провідника, см; S – площа поперечного перетину провідника, см^2 ; χ – питома електропровідність розчину, $\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$.

У нашому експерименті довжина провідника L – це товщина шару електроліту між електродами або відстань між електродами ЕК, а S – ефективна площа поверхонь електродів ЕК. Відношення $L/S = K_{EK}$, см^{-1} має назву “константа комірки” або коефіцієнт функції перетворення ЕК. Для електролітичних провідників це відношення не можна визначити простими вимірюваннями їх геометричних розмірів через наявність розсіювання силових ліній струму в них, які не обмежуються стовпчиком електроліту між електродами.

Для визначення константи комірки K_{EK} проводили градування ЕК з застосуванням стандартного розчину хлористого калію KCl , величина χ якого за різних температур відома з високою точністю [4].

Після замірювання опору R_{EK} комірки, яка заповнена 0,1Н розчином KCl з відомою питомою електропровідністю χ , за формулою $K_{EK} = \chi R_{EK}$ обчислювались значення K_{EK} . Для виготовленої нами комірки значення константи K_{EK} дорівнює $K_{EK} = 0,71 \text{ см}^{-1}$.

Провідні властивості всіх іонів, які знаходяться в 1 л розчину даної нормальності, характеризуються еквівалентною електропровідністю λ (См см² г-екв⁻¹). Зв'язок між питомою χ і еквівалентною λ електропровідностями описується залежністю

$$\chi = \frac{\lambda c}{1000} \text{ См см}^{-1}, \quad (2)$$

де c – концентрація розчину, г-екв/л.

Величина електропровідності розчинів залежить від багатьох фізико-хімічних властивостей розчинника і розчиненої речовини. Ці залежності відображені в рівняннях Дебая-Гюкеля-Онзагера для еквівалентної електропровідності, яка залежить від концентрації розчиненої речовини, рухомості іонів, величин їх зарядів і валентності, діелектричної проникності, в'язкості і температури розчинника. На практиці врахувати всі ці фактори досить складно, тому користуються, як правило, більш спрощеними залежностями λ від концентрації розчинених речовин і температури [5].

Залежність величини електропровідності розчинів від температури описується рівнянням

$$\lambda_t = \lambda_0 [1 + \alpha_t \{t - t_0\} + \beta_t \{t - t_0\}^2], \quad (3)$$

де λ_0 – еквівалентна електропровідність розчинів при температурі $t_0 = 0^\circ \text{C}$; α_t , β_t – температурні коефіцієнти електропровідності, значення яких залежать від концентрації речовин у розчинах.

Для слабкоконцентрованих розчинів прослідковується лінійна залежність їх електропровідності від температури при значеннях $\alpha_t = 0,01 \div 0,025$ і $\beta_t = 0$. Контактні методи змінного струму високої частоти кондуктометрії дають можливість вимірювати електропровідність розчинів з високою точністю, однак похибки все ж залишаються за рахунок теплових і поляризаційних процесів при протіканні електричного струму через електролітичні комірки ЕК. Поляризаційні явища при вимірюваннях опору ЕК з використанням змінного струму проявляються значно слабше ніж при постійному струмі і залежать від частоти струму, концентрації розчинів і конструктивних особливостей електродів ЕК.

Залежно від впливу на величину поляризаційного опору матеріалів електродів ЕК їх можна розмістити в такій послідовності: An, Ni, Al, Cu, Ag, Pt гладка, Pt платинована. Як наведено в [4], з використанням нікелевих електродів зі збільшенням частоти струму величина поляризаційного опору зменшується і наближається до нуля при частоті 1000 Гц.

Ми проводили дослідження з метою встановити залежності похибок вимірювання опору ЕК з нікелевими електродами з різними частотами змінного струму при заповненні її 0,1Н розчином КСІ з температурою 21 °С. Результати дослідів наведені в таблиці.

Залежності опору електролітичної комірки від частоти струму

№ з/п	Частота струму, Гц	Заміряний опір $R_{ЕК}$, Ом	Похибка замірювань, %
1	50	75,5	7,8
2	500	72,5	3,5
3	1000	71,0	1,4
4	2000	70,5	0,7

Як видно з таблиці, при вимірюванні опору ЕК з частотою струму 50 Гц основні методичні похибки становлять 7,8 % і значно зменшуються при збільшенні частоти.

У промисловості виготовляють декілька типів кондуктометрів для вимірювання електропровідності і концентрації водяних розчинів. Однак за конструктивним виконанням і розмірами кондуктометричних комірок вони не відповідають умовам гідравлічного моделювання вентиляції приміщень. Великі розміри комірок спричиняють значне усереднення результатів вимірювання електропровідності і концентрації водяних розчинів у моделях.

Для визначення залежності електропровідності водяних розчинів сірчаноокислого натрію Na_2SO_4 від концентрації і температури були проведені серії дослідів на експериментальній установці, схема якої показана на рис. 2.

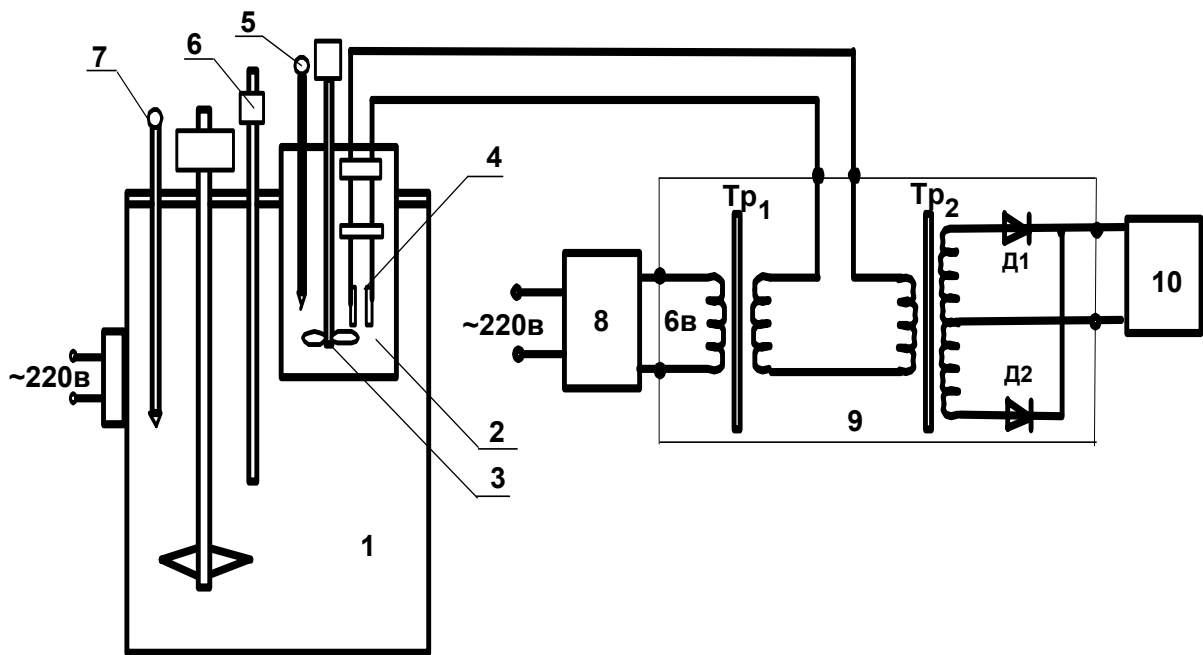


Рис. 2. Схема експериментальної установки для визначення питомої електропровідності водяних розчинів сірчаноокислого натрію Na_2SO_4 :

- 1 – електричний водяний термостат; 2 – посудина з водяним розчином електроліту;
 3 – мішалка з електроприводом; 4 – електролітична комірка; 5 – зразковий ртутний термометр;
 6 – контактний електричний термометр; 7 – ртутний технічний термометр;
 8 – звуковий генератор сигналів; 9 – вимірювальний перетворювач; 10 – вимірювальний прилад (ВП)

Установка складається з термостата 1 марки ТС-16А, в робочий об'єм якого поміщена скляна посудина 2 з водяним розчином Na_2SO_4 необхідної концентрації. Температура води в термостаті і відповідно температура розчину в посудині 2 на заданому рівні забезпечується контактним електричним термометром 6 марки ТПК, а контроль температури – ртутним термометром 7. Температурна однорідність розчину в посудині підтримується за допомогою електромішалки 3 і контролюється зразковим ртутним термометром 5. Розчин Na_2SO_4 готувався для однієї серії дослідів на дистильованій воді, а для решта – на водопровідній воді. Досліджувались розчини з ваговою концентрацією 0, 10, 20, 30, 40 і 50 мг-екв/л Na_2SO_4 в діапазоні температур 20...70 °С з інтервалом 5°С. Електропровідність розчинів вимірювали за допомогою електролітичної комірки 4, яку під'єднували до вимірювального перетворювача 9.

Вимірювальний перетворювач (рис. 2) – це трансформаторний вимірювальний міст, який складається із вхідного трансформатора напруги Tr_1 і вихідного трансформатора струму Tr_2 . Живиться трансформаторний вимірювальний міст від звукового генератора 8 типу ГЗ-33 напругою 6 В. При цьому у вторинній обмотці Tr_1 створюється напруга живлення ЕК, залежно від опору якої у вимірювальному колі з вхідною обмоткою Tr_2 протікає струм, значення якого визначається опором електролітичної комірки за рівнянням

$$I = \frac{U_{\text{жив}} K_{\text{Tr}_1}}{R_{\text{ЕК}}}, \quad (4)$$

де $U_{\text{жив}}$ – напруга живлення трансформаторного вимірювального моста; $K_{\text{Tr}_1} = W_{\text{вих}} / W_{\text{вх}}$ – коефіцієнт перетворення Tr_1 ; $W_{\text{вих}}$ – кількість витків вихідної обмотки Tr_1 ; $W_{\text{вх}}$ – кількість витків вихідної обмотки Tr_1 .

Опір ЕК своєю чергою є інформативним параметром і зумовлюється конструктивними параметрами комірки та вимірювальної величини електропровідності розчинів відповідно до рівняння

$$R_{\text{ЕК}} = \frac{K_{\text{ЕК}}}{\chi} = \frac{L}{S \chi}. \quad (5)$$

Тому струм, який протікає через вхідну обмотку вихідного трансформатора струму Tr_2 , буде визначатися значенням вимірювальної величини χ .

Для вимірювання і реєстрації струму у вимірювальному колі з ЕК вторинна обмотка Tr_2 через випростовуючі діоди D_1 і D_2 під'єднана до вимірювального приладу 10. На виході вимірювальної схеми перетворювача 9 отримуємо напругу постійного струму, яка пропорційна вимірювальному струму в колі з ЕК. Вимірювання напруги постійного струму здійснювалось мілівольтметром типу М253.

Результати проведених дослідів зображені на рис. 3 у вигляді залежностей електропровідності розчинів χ від концентрації c і температури t .

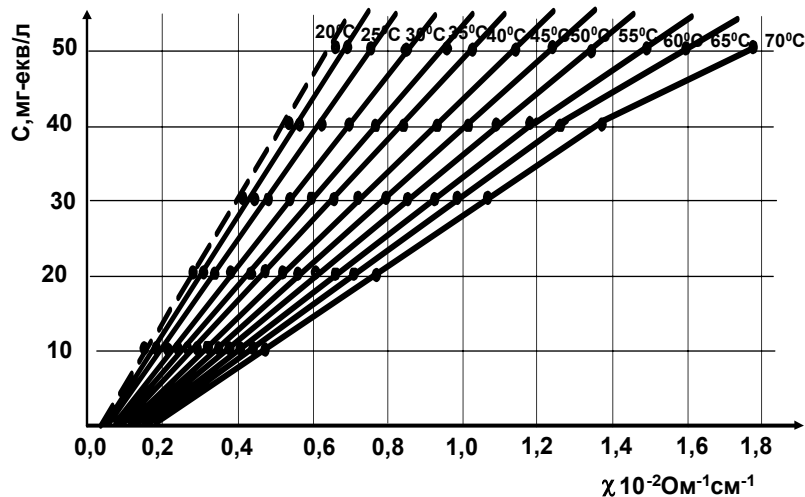


Рис. 3. Графічні залежності питомої електропровідності розчинів сірчаноокислого натрію Na_2SO_4 від концентрації c та температури t :
 - - - - для розчину Na_2SO_4 , який приготвлений на дистильованій воді;
 ——— для розчину Na_2SO_4 , який приготвлений на водопровідній воді

Ці залежності дають можливість за вимірювальними величинами χ розчину і температури t в точці замірювання визначати його концентрацію c .

Висновки. Результати розроблення та експериментальних досліджень кондуктометричного пристрою підтверджують перспективність його застосування у вивченні процесів розповсюдження шкідливих речовин у приміщеннях при моделюванні вентиляції в гідравлічних лотках за рахунок:

- а) розроблення вимірювального перетворювача, який забезпечує вимірювання величини χ розчинів з основною допустимою похибкою 1,5 %;
- б) створення конструкції комірки ЕК, яка дозволяє проводити вимірювання електропровідності і температури розчинів у моделях без порушення в них гідродинаміки потоків;
- в) експериментального дослідження залежностей між електропровідністю, концентрацією і температурою розчинів, які дають можливість отримати поля концентрацій у гідравлічних моделях за результатами вимірювань електропровідності температур розчинів у них.

Результати дослідів дозволили розрахувати, законструювати і побудувати гідравлічну модель частини приміщення промислового призначення з тепловиділеннями і газовиділеннями [6].

1. Кудрявцев Е.В. Моделирование вентиляционных систем. – М.: Стройиздат, 1950. 2. Вишневицкий Е.П., Хирви В.А. Методика кондуктометрических измерений при исследовании систем вентиляции на гидромоделях // Водоснабж. и сан.техника. – 1969. – № 8. 3. Мелик-Аракелян А.Т. Исследование организации воздухообмена в кондиционируемых помещениях: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – М., 1979. 4. Лопатин Б.А. Кондуктометрия. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1964. 5. Грилихес М.С., Филановский В.К. Контактная кондуктометрия. – Л.: Химия, 1980.

6. Щербатюк Б.И., Звягин В.М. Техническое обеспечение гидравлической модели // *Вестн. Львов. политехн. ин-та.* – 1989. – № 237. 7. Дудинцев Л.М., Монякова А.М. Методика моделирования вентиляции помещений при выделении тепла и газов // *Научн. работы ин-тов охраны труда.* – 1966. – Вып. 39. 8. Кузьмина Л.В., Середнева И.С. К вопросу моделирования вентиляции помещений при выделении токсичных газов // *Научн. работы ин-тов охраны труда ВЦСПС.* – 1971. – Вып. 74. 9. Вишневецкий Е.П. Характеристика вентиляции помещений при нестационарных режимах выделения вредных веществ // *В. и С.Т.* – 1972. – № 1.

УДК 697.921.42

Ю.С. Юркевич, С.С. Жуковський, В.М. Желих
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання та вентиляції

ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ОТВОРІВ ПРОМИСЛОВОГО БУДИНКУ

© Юркевич Ю.С., Жуковський С.С., Желих В.М., 2004

Наведені результати аеродинамічних досліджень моделі промислового будинку при різних кутах натікання повітряного потоку на неї. Виявлені місця ймовірного розміщення отворів природної витікальної вентиляції (аерації) і величини їх аеродинамічних коефіцієнтів. Результати досліджень можна використати під час проектування систем вентиляції подібних промислових будинків.

In this article the results of industrial building model aerodynamic investigations at different air flow angle are presented. Places of probable holes situation of natural exhaust ventilation (aeration) and its aerodynamic coefficients are determined. The results of investigations can be used at designing of similar industrial buildings ventilation system.

Постановка проблеми. Реконструкція елементів промислових будівель часто спричиняється до необхідності внесення конструкційних змін у системи вентиляції виробничих приміщень. Зокрема така ситуація виникла під час реконструкції будинку з приміщенням хлорування ТОВ “Магній” в м. Калуші. До реконструкції приміщення було оснащено незадувним світло-аераційним ліхтарем, який підлягав заміні. Цим була зумовлена необхідність проведення експериментальних досліджень, які б дозволили виявити величини аеродинамічних коефіцієнтів і місця розташування отворів для витікання повітря з приміщення хлорування.

Аналіз останніх досліджень. Згідно з рекомендаціями [2, п. 5.1] допускається використовувати для витікання повітря незадувні отвори у верхній частині зовнішніх стін. У будинку з приміщенням хлорування такі отвори можуть бути розташовані в зовнішніх стінах по осі “В” на відмітці +17,0 м, або по осі “Г” на відмітці +23,8 м.

Для обґрунтування місця розташування цих отворів необхідне проведення додаткових аеродинамічних досліджень на моделі будинку. Це зумовлено тим, що через отвори для витікання повітря, які знаходяться в зоні підвищеного тиску (підпору), може перетікати зовнішнє повітря в приміщення, тобто виникне зворотна циркуляція повітря, що своєю чергою може спричинити підвищення концентрації шкідливих речовин у робочій зоні приміщення та температури внутрішнього повітря в ній.

Мета роботи. Визначити аеродинамічні коефіцієнти ймовірних місць розташування в будинку отворів для витікання повітря з приміщення хлорування при різних кутах натікання повітряного потоку на будинки.