

УДК 681.121

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ВОДИ

Коробко І. В., Писарець Є. В., Писарець А. В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ, Україна

E-mail: [i.korobko@kpi.ua](mailto:i.korobko@kpi.ua)

У статті розглянуто узагальнену структуру системи водообліку багатоквартирного будинку. Проаналізовано призначення та умови застосування витратомірів і лічильників рідинних енергоносіїв, умови їх експлуатаційного використання, метрологічні характеристики, що визначають якість обліку. Виявлено проблеми наявних вузлів квартирного обліку та причини недообліку споживаної води у багатоквартирних будинках (встановлення приладів із порушенням рекомендацій виробників стосовно просторової орієнтації на трубопроводі; використання приладів за витрат, нижчих за поріг чутливості; невиконання вимог щодо довжини прямих ділянок у вимірювальній системі до та після місяця встановлення вимірювального приладу). Оцінено метрологічні характеристики широко застосовуваних приладів, що реалізують різні методи вимірювання. Запропоновано шляхи удосконалення якості обліку витрати та кількості води у багатоквартирних будинках.

**Ключові слова:** об'єм води, об'ємна витрата води, якість обліку.

### Вступ. Постановка проблеми

Глобальною проблемою сьогодення є дефіцит питної води високої якості. На нашій планеті лише 3% води придатні для пиття і її розподіл по континентах дуже нерівномірний. Тому для дбайливого використання води її ціна постійно зростає, а споживання скрізь враховується лічильниками, від точності вимірювання та надійності яких певним чином залежать умови та якість життя людства.

Вимоги ринку до засобів вимірювання кількості спожитої води не обмежуються лише точністю та надійністю. У переважній більшості випадків надзвичайно важливими характеристиками стають розширений діапазон вимірювань та висока чутливість в області малих витрат, чим забезпечується більш повний облік кількості спожитої води [1].

Система водообліку багатоквартирного будинку складається з множини вузлів обліку: загальнобудинкового та сукупності квартирних. Організація якісного обліку споживання води передбачає збіжність показів будинкового лічильника із сумою показів квартирних засобів вимірювання, за умови повного оснащення квартир вузлами обліку [2].

Зазвичай у більшості багатоквартирних будинків спостерігається зворотна ситуація: сума показів квартирних лічильників може бути меншою на 30 – 50 % за покази будинкового приладу, що свідчить про значний недооблік спожитої води. Аналіз таких результатів вказує, що основною причиною розбіжності зазначених параметрів є низька чутливість приладів, особливо за малих витрат.

А тому одним з дієвих шляхів вирішення цієї проблеми є застосування більш чутливих та точ-

них лічильників як у квартирах, так і загальнобудинкових [3].

**Метою** роботи є оцінка якості визначення об'єму та об'ємної витрати води для побудови ефективної системи вибору компонентів вузла обліку із врахуванням реальних умов експлуатації та характеристик вимірюваного середовища.

### Умови експлуатаційного використання вузлів обліку об'єму та об'ємної витрати води

Обов'язковими елементами вузла обліку води є запірний пристрій, фільтр, засіб вимірювання та зворотний клапан.

Найвідповідальнішою частиною вузла обліку є вимірювальний прилад, який безпосередньо взаємодіє з потоком вимірюваного середовища, і відповідно, в першу чергу окреслює експлуатаційні характеристики вузла обліку.

Призначення та умови застосування витратомірів і лічильників рідинних енергоносіїв у сукупності дозволяють встановити основну номенклатуру характеристик вимірювача, достатню для означення його відповідності умовам експлуатації, які характеризуються низкою збурюючих факторів, що впливають на процес реєстрації і порушують нормальну роботу приладу [4].

Відповідно до [5] нормовані робочі умови експлуатації лічильників холодної питної води та гарячої води окреслюються діапазоном допустимих робочих температур, максимальним допустимим тиском у системі, робочими діапазонами тиску, температури і вологості оточуючого середовища, класом чутливості перетворювача до нерівномірності профілю потоку вимірюваного середови-

ща перед засобом вимірювання та після нього (визначається необхідною довжиною прямих ділянок трубопроводу).

Тип, метрологічні характеристики та розміри встановлюваних приладів визначаються відповідно до умов їх застосування [6]. При цьому враховуються: тиск на вході, фізичні та хімічні характеристики води, допустима втрата тиску на приладі, очікувані рівні витрати у системі, придатність приладу до конкретних умов встановлення, наявність вільного місця на трубопроводі для монтажу вузла обліку, можливість відкладання розчинених речовин всередині приладу, наявність джерела живлення та інші.

Основними характеристиками лічильників води є: поріг чутливості ( $Q_{st}$ ), мінімальна ( $Q_{min}$ ), перехідна ( $Q_t$ ), номінальна ( $Q_n$ ) та максимальна ( $Q_{max}$ ) витрати та точність вимірювання. Межі допустимої відносної похибки для технічно справних лічильників води повинні знаходитись у межах:  $\pm 5\%$  у піддіапазоні витрати  $Q_{min} \leq Q < Q_t$ ;  $\pm 2\%$  (для лічильників холодної води) та  $\pm 3\%$  (для лічильників гарячої води) у піддіапазоні витрати  $Q_t < Q \leq Q_{max}$  [7]. Отже, перехідна витрата ( $Q_t$ ) характеризує перехід лічильника до діапазону вимірювання із суттєво меншою відносною похибкою. Поріг чутливості ( $Q_{st}$ ) визначає здатність приладу реагувати на наявність вимірюваної величини. Похибка вимірювання у піддіапазоні  $Q_{st} \leq Q < Q_{min}$  взагалі не нормується і може досягати значень  $\pm(20...50)\%$ .

Значеннями мінімальної та перехідної витрати визначаються класи точності лічильників. Відповідно до [7] існують три класи точності лічильників води (рис. 1): А, В та С (найбільш точними є лічильники класу С, найменш точними – класу А), які регламентуються ще й просторовою орієнтацією приладу [8].

Порівняльний аналіз характеристик лічильників холодної води з номінальним діаметром DN15 та номінальною витратою  $Q_n 1,5 \text{ м}^3/\text{год}$  свідчить про те, що чим вище клас точності, тим більший діапазон вимірювань приладу та його чутливість (рис. 1). Водночас, значення номінальної та максимальної витрати залишаються однаковими для всіх класів точності.

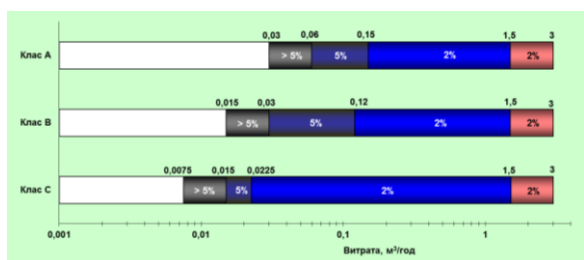


Рис. 1. Класи точності квартирних лічильників холодної води на прикладі DN15:

$$\delta_{Q_{st}} \dots Q_{min} > \pm 5\%, \delta_{Q_{min}} \dots Q_t = \pm 5\%, \delta_{Q_t} < Q_n \leq \pm 2\%, \delta_{Q_n} \leq Q_{max} \leq \pm 2\%$$

Оцінка метрологічних характеристик засобів вимірювання з іншими номінальними діаметрами (DN20 – DN100) підтверджує результати дослідження для DN15 (рис. 2 – 9).

Найбільш поширеним класом лічильників, що застосовуються для квартирної обліку споживання води в Україні, є швидкісні однострумєневі засоби вимірювання з чутливим елементом у вигляді крильчатки, розташованої тангенціально напрямку вектору швидкості потоку води [9, 10] із номінальним діаметром DN15. Широкого розповсюдження такі лічильники набули завдяки простоті і надійності конструкції, невисокій вартості, хорошій ремонт-придатності. Крім того, конструкція дозволяє встановлення такого лічильника як до горизонтального, так і до вертикального трубопроводів. Незважаючи на це, зауважимо, що клас точності у всіх подібних однострумєневих лічильників води напрямку залежить від їх просторової орієнтації.

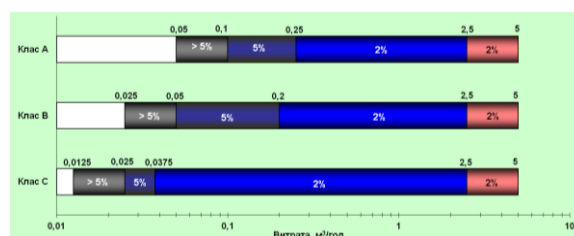


Рис. 2. Класи точності лічильників холодної води для DN20

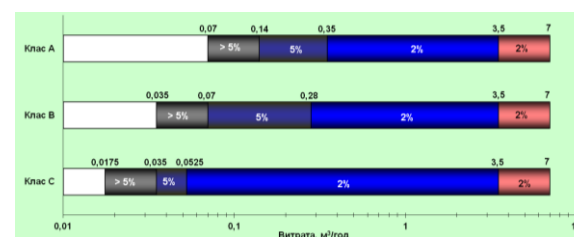


Рис. 3. Класи точності лічильників холодної води для DN25

Клас точності В досягається лише у випадку встановлення лічильника з горизонтальною просторовою орієнтацією при розташуванні лічильного механізму дотри. Будь-яке інше положення, а також відхилення лічильного механізму від вертикальної осі, призводить до переведення лічильника до менш точного класу А [7, 8, 11 – 14].

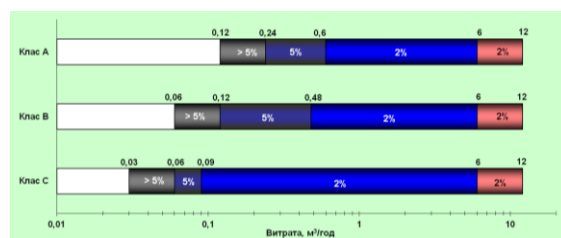


Рис. 4. Класи точності лічильників холодної води для DN32

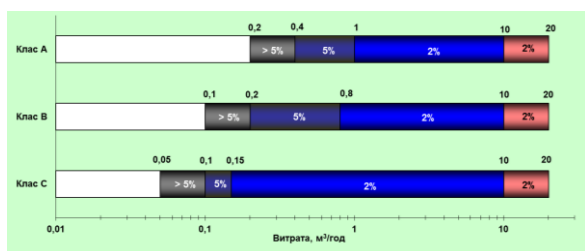


Рис. 5. Класи точності лічильників холодної води для DN40

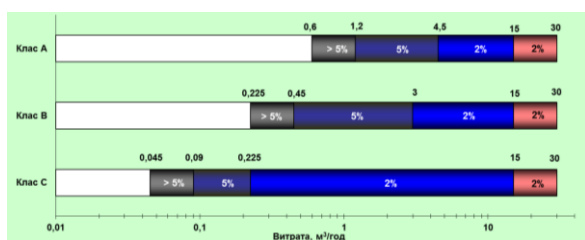


Рис. 6. Класи точності лічильників холодної води для DN50

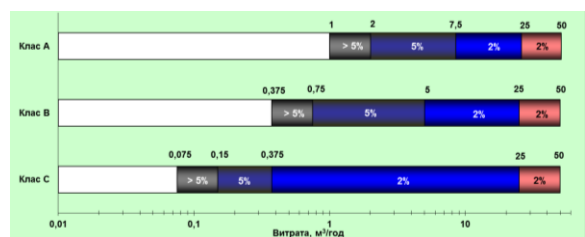


Рис. 7. Класи точності лічильників холодної води для DN65

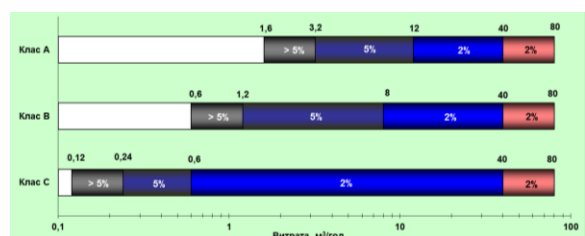


Рис. 8. Класи точності лічильників холодної води для DN80

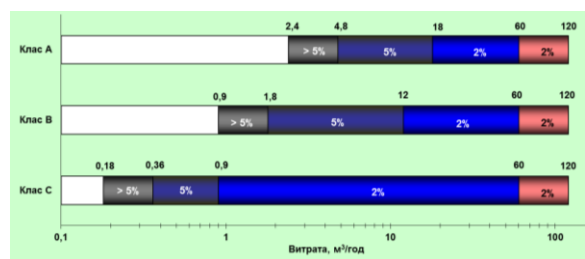


Рис. 9. Класи точності лічильників холодної води для DN100

При встановленні вузлів обліку, особливо до існуючих систем, у більшості випадків керуються не забезпеченням максимальної точності вимірювання, а естетичними міркуваннями та зручністю для

візуального зняття показань. Для чого лічильник розташовують на вертикальному трубопроводі, або лічильний механізм повертають на певний кут відносно вісі горизонтального трубопроводу. Внаслідок цього переважна більшість квартирних лічильників працюють у класі точності А, що призводить до суттєвого недообліку споживання води.

Аналіз метрологічних характеристик найбільш поширених в Україні квартирних лічильників води (рис. 10 – 11) свідчить про те, що всі виробники виконують вимоги класів точності А та В (залежно від монтажного положення).

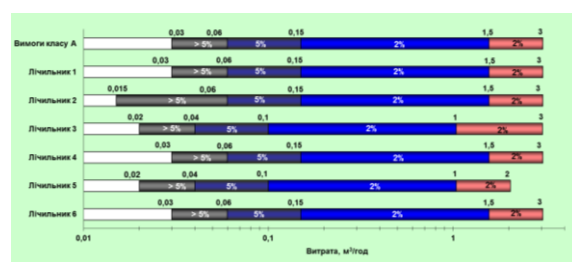


Рис. 10. Метрологічні характеристики поширених в Україні квартирних лічильників класу А

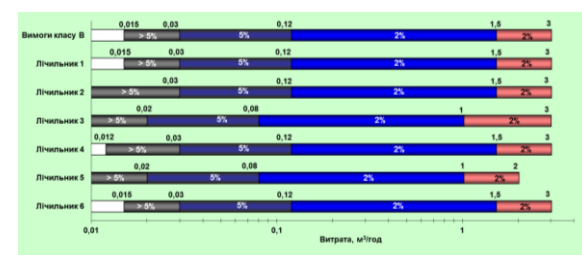


Рис. 11. Метрологічні характеристики поширених в Україні квартирних лічильників класу В

Серед розглянутих приладів є такі, що мають найкращі метрологічні показники [8, 11 – 14], але програють за економічними показниками (вартість), які, на жаль, в умовах нашої країни залишаються визначальними при виборі приладів для квартирної обліку, незважаючи на похибку вимірювання, динамічний діапазон, міжповітряний інтервал, надійність, довговічність, можливість обслуговування і т. ін. [15].

В якості загальнобудинкових лічильників традиційно використовуються крильчасті багатоструменеві засоби вимірювання з номінальним діаметром DN25...40, які працюють у класі точності В. Розповсюдженню таких лічильників сприяли їх простота та надійність конструкції, висока чутливість та відносно невисока вартість. На відміну від одноструменевих лічильників, такі прилади можна встановлювати виключно так, аби чутливий елемент та лічильний механізм були розташовані вертикально. Неприпустимо навіть невелике відхилення від вертикальної вісі, що призводить до збільшення похибки вимірювання [16 – 20]. У тахометричних перетворювачів витрати точність і

динамічний діапазон зменшуються у процесі експлуатації [1, 2, 21].

Точність вимірювання – одна з найважливіших характеристик вимірювального приладу, що впливає на якість обліку води, а тому зменшення похибки вимірювання витрати та кількості води є основним шляхом підвищення якості обліку.

За великих обсягів води, що постачається до багатоквартирного будинку, похибка вимірювання витрати води навіть у межах  $\pm 1\%$  призводить до значних економічних втрат при сплаті за спожиту воду [1]. Реальне ж підвищення точності вимірювання води можливе тільки при невеликому значенні динамічного діапазону та зменшенні тривалості міжпіврічного інтервалу [1, 22, 23].

Похибка вимірювання, динамічний діапазон та міжпіврічний інтервал також взаємопов'язані. Отримати високу точність вимірювань у вузькому динамічному діапазоні та зберегти її протягом короткого терміну значно простіше, ніж витримати у широкому діапазоні і протягом тривалого інтервалу часу [15].

Для підвищення точності розрахунків та, як наслідок зменшення дисбалансу у показаннях загальнобудинкового та суми квартирних лічильників води, необхідне підвищення точності вимірювання витрати та кількості води [1].

Порівняння метрологічних характеристик найбільш поширених швидкісних лічильників та приладів, що реалізують інші методи вимірювання (об'ємний та електромагнітний) з номінальним діаметром DN40 вказує на те, що характеристики класичних швидкісних лічильників відповідають лише класу точності В, а об'ємні та електромагнітні за своїми характеристиками перевищують вимоги класу С, при чому більшість з останніх можуть працювати із зазначеними високими характеристиками незалежно від просторової орієнтації (рис. 12) [16–20].

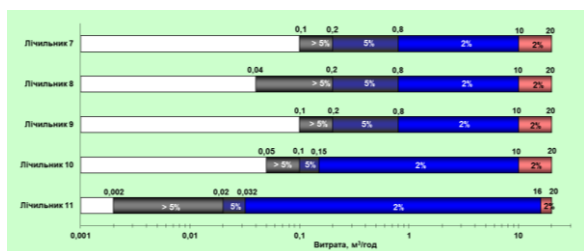


Рис. 12. Метрологічні характеристики загальнобудинкових лічильників води

### Висновки

Проведені дослідження вказують на те, що:

- якість обліку кількості води у багатоквартирних будинках визначається точністю встановлених приладів, більшість яких є крильчатими;
- проблемами діючих вузлів квартирної обліку є встановлення лічильників води з порушенням рекомендацій виробника стосовно прос-

торової орієнтації на трубопроводі; використання приладів за витрати, нижчої порогу чутливості; невиконання вимог щодо довжини прямих ділянок у вимірювальній системі до та після місця встановлення вимірювального приладу; що призводить до суттєвого недообліку споживаної води;

- основним шляхом удосконалення якості обліку води є підвищення точності вимірювання;
- альтернативою застосовуваним приладам є об'ємні лічильники із кільцевим поршнем або електромагнітні, які у аналогічних діапазонах зміни витрати забезпечують більшу точність та чутливість;
- основною проблемою, що стримує широке впровадження зазначених приладів є високі вартість та вимоги до якості підготовки води (що надзвичайно складно забезпечити, враховуючи стан мережевих трубопроводних систем України), чутливість до забруднень вимірюваного середовища.

Перспективою подальших досліджень є розроблення ефективної системи вибору компонентів вузла обліку із врахуванням реальних умов експлуатації та характеристик вимірюваного середовища.

### Література

1. Минаков А. А. Метрологические характеристики расходомеров: взаимосвязь, противоречия. Что важнее – точность или широкий диапазон измерений? / А. А. Минаков, А. В. Чигинев // Новости теплоснабжения. – 2013. – № 5 (153).
2. Андреев И. П. Инвестиционная привлекательность и качество квартирно-домовых систем учета воды и теплоты // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 10 (26). – С. 52 – 54.
3. Писарець Є. В. Удосконалення комерційного обліку витрати та кількості води у багатоквартирних будинках // 5-та науково-практична конференція «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання», 24 – 25 листопада 2015 р., м. Івано-Франківськ, С. 98 – 99.
4. Писарець Є. В., Писарець А. В. Умови експлуатації вузлів обліку рідинних енергоносіїв // Збірник тез доповідей XV Міжнародної науково-технічної конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи», 17-18 травня 2016 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ», С. 189 – 190.
5. ISO 4064-1:2005 "Measurement of water flow in fully charged closed conduits - Meters for cold potable water and hot water. Part 1: Specifications" (ИСО 4064-1:2005 Измерение расхода воды в закрытых трубопроводах под полной нагрузкой. Счетчики холодной пить-

- своей воды и горячей воды. Часть 1. Технические требования.
6. ISO 4064-2:2005 "Measurement of water flow in fully charged closed conduits – Meters for cold potable water and hot water – Part 2: Installation requirements" (ИСО 4064-2:2005 Измерение расхода воды в закрытых трубопроводах под полной нагрузкой. Счетчики холодной питьевой воды и горячей воды. Часть 2. Требования по установке.)
  7. ДСТУ 3580-97 Лічильники холодної та гарячої води крильчасті. Загальні технічні вимоги. – К.: Держстандарт України, 1998. – 9 с.
  8. Квартирный лічильник води Новатор ЛК-15Х-01 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://novator-tm.com/index.php?id=counters-lk-15>
  9. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества: [Справочник] / П. П. Кремлевский. – Л.: Машиностроение, 1989.
  10. Хансуваров К. И. Техника измерения давления, расхода количества и уровня жидкости, газа и пара / К. И. Хансуваров, В. Г. Цейтлин. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 287 с.
  11. Квартирный лічильник води Gross ETR-UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://gross.ua/schetchiki\\_dlja\\_vody/gross/gross-schjotchiki\\_dlja\\_vody\\_etr-ua/](http://gross.ua/schetchiki_dlja_vody/gross/gross-schjotchiki_dlja_vody_etr-ua/)
  12. Квартирный лічильник води KBM-U-X [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://kvm.com.ua/ru/produkcija/odnostrujnie\\_schetchiki.html](http://kvm.com.ua/ru/produkcija/odnostrujnie_schetchiki.html)
  13. Квартирный лічильник води ЕТМ KB-1,5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.etm.lutsk.ukrpack.net/PRIBOR7/V\\_KV-1.HTM](http://www.etm.lutsk.ukrpack.net/PRIBOR7/V_KV-1.HTM)
  14. Квартирный лічильник води Sensus Residia Jet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.in-prem.com.ua/files/pdf/pr\\_residiajet.pdf](http://www.in-prem.com.ua/files/pdf/pr_residiajet.pdf)
  15. Минаков А. А. Естественные ограничения метрологических характеристик преобразователей расхода воды, накладываемых методом измерений. / Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции «Энергоресурсосбережение. Диагностика-2006», 2006 г., г. Дмитровград, С. 100-105.
  16. Загальнобудинковий крильчастий лічильник Новатор ЛК-40Х [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://novator-tm.com/index.php?id=counters-lk-25>
  17. Загальнобудинковий крильчастий лічильник Gross МТК-UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://gross.ua/schetchiki\\_dlja\\_vody/gross/gross-schjotchiki\\_dlja\\_vody\\_mtk-ua/](http://gross.ua/schetchiki_dlja_vody/gross/gross-schjotchiki_dlja_vody_mtk-ua/)
  18. Загальнобудинковий крильчастий лічильник KBM-U-X [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://kvm.com.ua/ru/produkcija/mnogostrujnie\\_schetchiki.html](http://kvm.com.ua/ru/produkcija/mnogostrujnie_schetchiki.html)
  19. Загальнобудинковий об'ємний лічильник Sensus «620» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.in-prem.com.ua/files/pdf/pr\\_620.pdf](http://www.in-prem.com.ua/files/pdf/pr_620.pdf)
  20. Загальнобудинковий електромагнітний лічильник Sensus «iPerl» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.in-prem.com.ua/files/pdf/iPERL.pdf>
  21. Улитин С.Н. Этапы энергосберегающих мероприятий. Путь от теплосчетчика к автоматизированному тепловому узлу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rosteplo.ru>
  22. Анисимов Д. Л. Приборы учета тепла: маркетинг против метрологии // Новости теплоснабжения. – 2007. – № 25 (78).
  23. Кавригин С. Б. Диапазон 1000... Так все-таки он достижим? // Новости теплоснабжения. – 2012. – № 07 (143).

УДК 681.121

**И. В. Коробко, Е. В. Писарец, А. В. Писарец**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УЧЕТА ОБЪЕМА И ОБЪЕМНОГО РАСХОДА ВОДЫ

В статье рассмотрена обобщенная структура системы учета воды в многоквартирном доме. Проанализированы назначение и условия применения расходомеров и счетчиков жидких энергоносителей, условия их эксплуатации, метрологические характеристики приборов, определяющие качество учета воды.

Выявлены проблемы существующих узлов квартирного учета и причины недоучета потребляемой воды в многоквартирных домах (установка приборов с нарушением рекомендаций производителей относительно пространственной ориентации на трубопроводе; использование приборов на расходах, меньших порога чувствительности; невыполнение требований касательно длины прямых участков в измерительной системе до и после места установки измерительного прибора).

Оценены метрологические характеристики широко применяемых приборов, реализующих различные методы измерения.

Предложены направления усовершенствования качества учета объема и объемного расхода воды в многоквартирных домах.

**Ключевые слова:** объем воды, объемный расход воды, качество учета.

**I. V. Korobko, E. V. Pisarets, A. V. Pisarets***National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine***QUALITY EVALUATION FOR REGISTRATION WATER VOLUME AND WATER VOLUMETRIC FLOWRATE**

The article describes generalized structure of water metering system in the apartment building. Analyzed the purpose and conditions of using meters and flowmeters for liquids, conditions of their operation and metrological performance of instruments that determine the quality of water metering.

Identified problems of existing sites for housing water registration and reasons of water consumption undercount in the apartment buildings (equipment installation is out of manufacturers recommendations for spatial orientation, using meters at flowrates which are less than sensitivity threshold; length of the straight pipes are not meet the requirements). Evaluated metrological characteristics of widely used devices that implement different measurement methods.

Directions of improvement the quality for volume and flowrate registration in apartment buildings are proposed.

**Keywords:** water volume, volumetric water flowrate, registration quality.

*Надійшла до редакції*

*20 травня 2016 року*

*Рецензовано*

*10 червня 2016 року*

© Коробко І. В., Писарець Є. В., Писарець А. В., 2016

УДК 621:620.179.14

## ГЕОМЕТРИЧНІ СПОТВОРЕННЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПРОСТОРОВИХ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТА

*Скицюк В.І., Клочко Т.Р.*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ, Україна*

*E-mail: klotchko@psf.ntu-kpi.kiev.ua*

*Результати дослідження є аналітичним підґрунтям для створення низки фізико-математичних моделей для вирішення задач визначення координат об'єктів як в технічних системах, так і біологічних системах. У роботі розглядається зв'язок між уявними та реальними координатами, оскільки при переході від уявної до реальної функції відбувається явища, які спотворюють реальну систему координат на відміну від уявної. Саме у цьому процесі криється низка проблем, які пов'язані з відмінностями між уявним та реальним світом. При таких перетвореннях виникають процеси, без яких неможливо визначити процес перетворення параметрів одного і того ж об'єкта.*

*Наразі до таких понять відноситься елементарна частка похибки ( $(\mathbf{S})$ ) та дуальність поверхні ( $(\mathbf{D})$ ), зв'язок яких між собою визначає міру спотворень у реальній системі координат та її відмінність від уявної. У загальному випадку розбіжність між уявною та реальною системами координат є факт невизначеності з технологічними фантомами цих систем координат. Визначено міру деструктивного впливу на вимірювання просторових координат об'єкта за допомогою теорії поля і, як наслідок, функції похибки простору.*

*У статті продовжується розгляд моделі впливу елементарної частки похибки на спотворення прямої лінії (як елементарної геометричної фігури, яка найбільш часто зустрічається в біотехнічних системах) при перенесенні її у реальну систему координат.*

**Ключові слова:** *координати об'єктів, спотворення прямої лінії, технологічний фантом, вимірювання.*

### **Вступ**

Визначення параметрів позиціонування об'єкта у реальному просторі значно відрізняється від аналогічної ситуації в уявній системі координат. Уявна система координат сприймається нами як ідеальна, котра не має жодних геометричних просторових похибок, проте перехід у реальний простір,

який використовується при технологічних процесах, викликає низку спотворень. Так, наприклад, подібна ситуація виникає внаслідок реалізації руху будь-якого об'єкта. Водночас, інформація, що виробляється в мозку живого організму, є уявною ситуацією руху, яку об'єкт намагається відтворити. Як наслідок такої спроби, уявна інформація про рух