

vol. 17, no. 1, pp. 48-54, 2002.

11. T.E. Nunez-Zuniga, J.A. Pomilio Shunt Active Power Filter Synthesizing Resistive Loads// IEEE Trans, on Power Electronics, vol.17, no.2, pp. 273-278, 2002.

12. А.А. Жиленков. Использование наблюдающих устройств для повышения устойчивости работы полупроводниковых преобразовательных устройств в сетях ограниченной мощности. //Современные и формационные и инновационные технологии на транспорте MINTT-2012.: материалы IV международной научно-практической конференции. Херсон, 2012. Том 2. С. 68-69.

References

1. GOST 13109-97. Jelektricheskaja jenergija. Sovmestimost' tehniceskikh sredstv jelektromagnitnaja. Normy kachestva jelektricheskoy jenergii v sistemah jelektrosnabzhenija obshhego naznachenija. Minsk. Mezhdunarodnyj Sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii, 1998, 58 s.

2. Zinov'ev G.S. Itogi reshenija nekotoryh problem jelektromagnitnoj sovmestimosti ventil'nyh preobrazovatelej// Jelektrotehnika, 2000, №11, S.12-16.

3. Rozanov Ju.K., Rjabchickij M.V. Sovremennye metody uluchshenija kachestva jelektrojenergii (analiticheskij obzor)// Jelektrotehnika, 1998, №3, S.10-17.

4. Soloduhu Ja.Ju. Tendencii kompensacii reaktivnoj moshhnosti. Ch.1.: Reaktivnaja moshhnost' pri nesinusoidal'nyh rezhimah raboty: Obzor, inform. M.: Informjelektro, 1987, vyp.2, 51s.

5. Labuncov V.A., Chaplygin E.E. Kompensatory neaktivnoj moshhnosti na ventiljah s estestvennoj kommutaciej// Jelektrichestvo, 1996, №9, S.55-59.

6. Anisimov Ja.F., Vasil'ev E.P. Jelektromagnitnaja sovmestimost' poluprovodnikovyh preobrazovatelej i sudovyh jelektroustanovok L.: Sudostroenie, 1990, 264 s.

7. H.Akagi, Y.Kanazawa, A.Nabae. Instantaneous reactive power compensators comprising switching device without energy storage components// IEEE Trans, on Industry Applications, vol.IA-20, no.3, pp.625-630, 1984.

8. L. Gyugyi, E. Strycula Active AC Power Filter// IEEE Trans, on Industry Applications, pp. 529-535, 1976.

9. P. Jintakosonwit, H. Fujita, H. Akagi Control and Performance of a Fully-Digital-Controlled Shunt Active Filter for Installation on a Power Distribution System// IEEE Trans, on Power Electronics, vol.17, no.1, pp. 132-140, 2002.

10. S. Kim, P.N. Enjeti A New Hybrid Active Power Filter (APF) Topology// IEEE Trans, on Power Electronics, vol. 17, no. 1, pp. 48-54, 2002.

11. T.E. Nunez-Zuniga, J.A. Pomilio Shunt Active Power Filter Synthesizing Resistive Loads// IEEE Trans, on Power Electronics, vol.17, no.2, pp. 273-278, 2002.

12. А.А.Жиленков. Ispol'zovanie nabljudajushih ustrojstv dlja povyshenija ustojchivosti raboty poluprovodnikovyh preobrazovatel'nyh ustrojstv v setjah ogranichennoj moshhnosti. //Sovremennye i formacionnye i innovacionnye tehnologii na transporte MINTT-2012.: materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Herson, 2012. Tom 2. S. 68-69.

Рецензія/Peer review : 1.10.2013 р. Надрукована/Printed :24.11.2013 р.

Рецензент: Щокін Вадим Петрович, доктор технічних наук, завідувач кафедри, професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту; Криворізький національний університет

УДК 006.91:681.121

М.В. КУЗЬ

Івано-Франківський університет права імені Короля Данила Галицького

НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ОБ'ЄМУ ГАЗУ

Вирішено питання поширення вимог чинних перевірчих схем на коректори та обчислювачі об'єму газу. Встановлено нормативні вимоги до метрологічних характеристик вимірювальних комплексів об'єму газу та розроблено методику їх комплектної перевірки.

Ключові слова: вимірювальний комплекс об'єму газу, метрологічні характеристики, комплектна перевірка.

M.V. KUZ

Ivano-Frankivsk King Danylo Galytsky University of Law

REGULATORY SUPPORT MEASURING COMPLEX GAS VOLUME

Abstract – The purpose of this paper is an attempt to eliminate existing today metrological incorrect - gas calibration correction in the absence of relevant state hierarchy scheme, that is the question of legitimate normative development of measurement systems volume and volumetric flow of gas.

Requirement distribution problems of applicable calibration schemes of proofreaders and gas volume calculators are solved. The normative requirements for metrological characteristics of gas volume measuring systems are established and the method of complete verification is developed.

Designed regulatory support gas volume measurement systems can serve as a basis for developing regulations on technical requirements and guidance documents for metrological certification and calibration of measuring instruments.

Keywords: measuring system gas volume metrological characteristics, complete verification.

Вступ

Природний газ є одним із найважливіших енергетичних ресурсів України і ефективно витрачання даного енергоносія можливе лише за умови точного його обліку. Результати вимірювань об'єму газу, згідно з [1], можуть бути використані за умови, якщо відомі відповідні характеристики похибок вимірювань, вимоги до яких та методики їх визначення регламентуються діючими нормативними і, зокрема, методичними документами з метрології.

Вимірювання об'єму природного газу в Україні здійснюється в комунально-побутовій сфері побутовими лічильниками газу, в промисловості – вимірювальними комплексами. Відповідно до [2], вимірювальний комплекс – це сукупність засобів вимірювальної техніки та допоміжних засобів, яка вимірює тиск та температуру газу, що протікає по вимірювальному трубопроводу, перетворює вихідні сигнали від вимірювального перетворювача об'єму газу за робочих умов (лічильника газу тощо) і обчислює об'єм газу за стандартних умов. Технічно вимірювальний комплекс реалізується на основі лічильника газу та коректора (обчислювача) об'єму газу. Вимоги до метрологічних та технічних характеристик лічильників газу наводяться в нормативних документах [3–5], до коректорів – в [6]. Нормативний документ, який встановлював би вимоги до вимірювального комплексу в цілому, на цей час, в Україні відсутній. Крім того, немає державної перевіркої схеми, дія якої би поширювалася на коректори об'єму газу як окремі засоби вимірювальної техніки, але, всупереч цьому, кожен коректор забезпечений чинними методиками перевірки.

Постановка завдання

Метою цієї роботи є спроба усунути існуючу на сьогоднішній день метрологічну некоректність – перевірку коректорів газу за відсутності відповідної державної перевіркої схеми, тобто вирішення питання розроблення легітимного нормативного забезпечення вимірювальних комплексів об'єму та об'ємної витрати газу.

Результати дослідження

За своїм типом вимірювальні комплекси належать до витратомірів-лічильників газу [2] і тому підпадають під дію перевіркої схеми (рис. 1) [7].

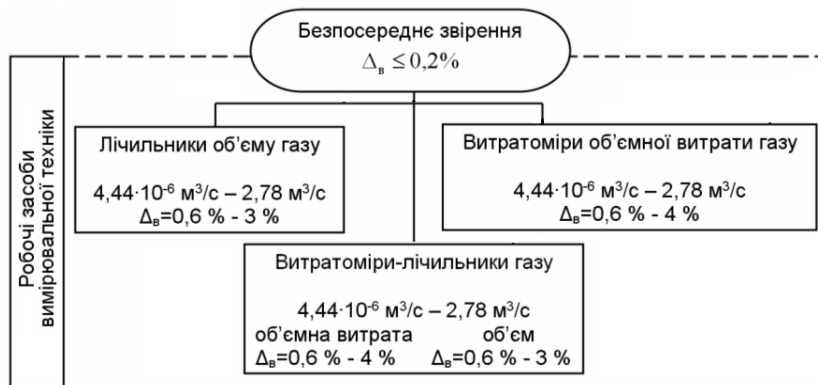


Рис. 1. Фрагмент перевіркої схеми [8]

З врахуванням цього необхідність розроблення спеціальної державної перевіркої схеми для коректорів і обчислювачів об'єму газу відпадає. Натомість, ці засоби вимірювальної техніки, виходячи із вище наведеного, не повинні перевірятися автономно, а коректно це виконувати комплектно [8, 9], тобто в складі вимірювального комплексу. Але для розроблення такої методики перевірки спочатку треба встановити нормативні вимоги до метрологічних характеристик вимірювальних комплексів.

Похибка лічильника в абсолютних одиницях, відповідно до [4, 5], не повинна виходити за границі максимально допустимої похибки, зазначені в табл. 1.

Таблиця 1

Границі допустимої похибки лічильників

| Витрата газу, q_V | Границі допустимої похибки |
|--|----------------------------|
| $q_{V \min} \leq q_V < q_{Vt}$ | $\pm 2\%$ |
| $q_{Vt} \leq q_V \leq q_{V \max}$ | $\pm 1\%$ |
| Примітка. $q_{V \min}$ – мінімальне значення витрати газу; q_{Vt} – перехідна витрата газу, значення якої наведені в [4, 5]; $q_{V \max}$ – максимальне значення витрати газу. | |

Максимально допустима похибка коректорів, відповідно до [6], становить 1 % (для умов відмінних від стандартних) при умові, що похибкою лічильника газу нехтують. Похибка вимірювального комплексу $\delta_{\text{ВК}}$ визначається за формулою:

$$\delta_{\text{ВК}} = \sqrt{\delta_{\text{Л}}^2 + \delta_{\text{К}}^2}, \quad (1)$$

де $\delta_{\text{Л}}$, $\delta_{\text{К}}$ – максимально допустимі похибки лічильника газу та коректора об'єму газу, відповідно.

Визначені за формулою (1) границі допустимої похибки вимірювальних комплексів (із заокругленням до меншого значення) наведені в табл. 2.

Перевагою комплектної перевірки вимірювальних комплексів є відсутність необхідності перевірки вимірювальних каналів коректора об'єму газу.

Запропонована методика визначення метрологічних характеристик вимірювальних комплексів полягає в наступному.

Границі допустимої похибки вимірювальних комплексів об'єму та об'ємної витрати газу

| Витрата газу, q_V | Границі допустимої похибки |
|-----------------------------------|----------------------------|
| $q_{V \min} \leq q_V < q_{Vi}$ | $\pm 2,2 \%$ |
| $q_{Vi} \leq q_V \leq q_{V \max}$ | $\pm 1,4 \%$ |

Для кожного вимірювання за певних значень витрат, які вказані в експлуатаційній документації, обчислюють значення об'єму V_{Π} , приведеного до стандартних умов, що пройшов через вимірювальний комплекс, за формулою:

$$V_{\Pi} = V_e \cdot \frac{p_e}{p_c} \cdot \frac{T_c}{T_e} = V_e \cdot \frac{p_e}{101325} \cdot \frac{293,15}{T_e} = \frac{V_e \cdot p_e}{345,64 \cdot T_e}, \quad (2)$$

де V_e – об'єм газу, відтворений робочим еталоном; p_e і T_e – тиск і температура робочого середовища в робочому еталоні, відповідно; $p_c = 101325$ Па і $T_c = 293,15$ °К – тиск і температура газу за стандартних умов, відповідно.

Границі невилученої систематичної похибки (НСП) вимірювального комплексу при їх кількості менше 4 обчислюють за формулою [10]:

$$\Theta = \pm \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial F}{\partial Y_i} \cdot \Delta Y_i \right), \quad (3)$$

де ΔY_i – НСП вимірювання величини Y_i при i -му спостереженні; n – кількість спостережень; $\frac{\partial F}{\partial Y_i}$ – коефіцієнти впливу величини Y_i на величину F , що виражається частковою похідною функції вимірювання:

$$F = f(Y_1, Y_2, \dots, Y_n). \quad (4)$$

Середнє квадратичне відхилення (СКВ) результату непрямих вимірювань величини обчислюють за формулою [10]:

$$S = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial Y_1} \right)^2 \cdot S_1^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial Y_2} \right)^2 \cdot S_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial Y_n} \right)^2 \cdot S_n^2}, \quad (5)$$

де $S_1 \dots S_n$ – СКВ результатів прямих вимірювань величин $Y_1 \dots Y_n$ з багатьма спостереженнями, яке обчислюють за формулою [10]:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n(n-1)}}, \quad (6)$$

де \bar{Y} – результат вимірювань, обчислений як середнє арифметичне результатів спостережень.

Для обчислення границь НСП та СКВ вимірювань об'єму газу розраховують коефіцієнти впливу, що є похідними об'єму по змінних V_e, p_e, T_e .

$$\frac{\partial V_{\Pi}}{\partial V_e} = \frac{p_e}{345,64 \cdot T_e}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial V_{\Pi}}{\partial p_e} = \frac{V_e}{345,64 \cdot T_e}, \quad (8)$$

$$\frac{\partial V_{\Pi}}{\partial T_e} = -\frac{V_e \cdot p_e}{345,64 \cdot T_e^2}. \quad (9)$$

Границі НСП вимірювального комплексу $\Theta_{V_{\Pi}}$ визначаються за формулою:

$$\Theta_{V_{\Pi}} = \pm \left(\frac{\partial V_{\Pi}}{\partial V_e} \cdot \Delta V_e + \frac{\partial V_{\Pi}}{\partial p_e} \cdot \Delta p_e + \frac{\partial V_{\Pi}}{\partial T_e} \cdot \Delta T_e \right), \quad (10)$$

де $\Delta V_e, \Delta p_e, \Delta T_e$ – похибки вимірювальних каналів робочого еталону, визначені при їх атестації.

СКВ результатів непрямих вимірювань вимірювальним комплексом об'єму газу $S_{V_{\Pi}}$ розраховують за

наступною формулою:

$$S_{V_{\Pi}} = \sqrt{\left(\frac{\partial V_{\Pi}}{\partial V_e}\right)^2 \cdot S_{V_e}^2 + \left(\frac{\partial V_{\Pi}}{\partial p_e}\right)^2 \cdot S_{p_e}^2 + \left(\frac{\partial V_{\Pi}}{\partial T_e}\right)^2 \cdot S_{T_e}^2}, \quad (11)$$

де S_{V_e} , S_{p_e} , S_{T_e} – СКВ результатів вимірювань об'єму V_e , тиску p_e і температури T_e , відповідно, контрольного об'єму газу, відтвореного робочим еталоном, визначені за формулою (5).

Відносну похибку вимірювального комплексу обчислюють за формулою:

$$\delta_{V_{\Pi}} = \frac{\sqrt{S_{V_{\Pi}}^2 + \frac{\Theta_{V_{\Pi}}}{3}}}{V_{\Pi}} \cdot 100\%. \quad (12)$$

Вимірювальний комплекс вважається таким, що пройшов перевірку, якщо відносна похибка, визначена за формулою (12) за будь-якого значення витрати, не виходить за границі вказані в табл. 2.

Висновки

Розроблене нормативне забезпечення вимірювальних комплексів об'єму газу може служити основою для розроблення нормативних документів з технічними вимогами та методичних документів на метрологічну атестацію і перевірку цих засобів вимірювальної техніки, організація проведення яких розроблена в [11].

Предметом подальших наукових досліджень буде:

- вирішення питання визначення СКВ результатів вимірювань вимірювальним комплексом у рамках розробленої методології у всьому діапазоні температури і тиску газу, необхідних для перевірки коректора;
- проведення порівняльної експериментальної оцінки похибок вимірювальних комплексів об'єму газу за умови проведення комплектної та поелементної їх перевірок.

Література

1. Закон України „Про метрологію та метрологічну діяльність” [від 11.02.98 р. № 113: у редакції від 15.06.04 р. № 1765-IV] // Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во. – 2004. – №37. – Ст.449. – С.1434-1453.
2. Газ природний горючий. Вимірювання витрати. Терміни та визначання понять: ДСТУ 4313:2004 - [Чинний від 2005-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. — III, 38с. — (Національний стандарт України).
3. Лічильники газу мембранні. Загальні технічні умови: ДСТУ EN 1359:2006 - [Чинний від 2007-01-01]. – К: Держспоживстандарт України 2007. – 45 с. – (Національний стандарт України).
4. Лічильники газу турбінні. Загальні технічні умови: ДСТУ EN 12261:2006. - [Чинний від 2007-01-01]. – К: Держспоживстандарт України 2007. – 32 с. – (Національний стандарт України).
5. Лічильники газу роторні. Загальні технічні умови: ДСТУ EN 12480:2006. - [Чинний від 2007-01-01]. – К: Держспоживстандарт України 2007. – 25 с. – (Національний стандарт України).
6. Коректори до лічильників газу електронні. Загальні технічні умови: ДСТУ EN 12405:2006.- [Чинний від 2007-01-01]. – К: Держспоживстандарт України 2007. – 37 с. – (Національний стандарт України).
7. Державна повірочна схема для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу: ДСТУ 3383:2007. - [Чинний від 2007-07-01]. – К: Держспоживстандарт України 2007. – 6 с. – (Національний стандарт України).
8. Кузь М.В. Комплектна повірка вимірювальних комплексів об'єму та об'ємної витрати природного газу// Збірник тез доповідей сьомої всеукраїнської науково-технічної конференції „Вимірювання витрати та кількості газу”. – Івано-Франківськ. – 2011. – С. 59.
9. Кузь М.В. Метрологічне забезпечення повірки вимірювальних комплексів об'єму газу// Збірник тез доповідей XI міжнародної науково-технічної конференції „Приладобудування: стан і перспективи”. – Київ, 2012 – С. 96-97.
10. ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей: МИ 2083-90.- [Чинний від 1992-01-01]. – М: Издательство стандартов 1991. – 9 с. – (Інструкція).
11. Кузь М.В. Організаційна схема повірки еталонів, лічильників та витратомірів газу на основі діаграм станів / М.В. Кузь // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – №1. – с. 190-193.

References

1. Zakon Ukrainy „Pro metrolohiyu ta metrolohichnu diyal'nist” [vid 11.02.98 r. # 113: u redaktsiyi vid 15.06.04 r. # 1765-IV] // Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy. – Ofits. vyd. – K.: Parlam. vyd-vo. – 2004. – #37. – St.449. – S.1434-1453.
2. Haz pryrodnyy horyuchy. Vymiryuvannya vytraty. Terminy ta vyznachannya ponyat': DSTU 4313:2004 - [Chynnyy vid 2005-07-01]. – K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. — III, 38s. — (Natsional'nyy standart Ukrainy).
3. Lichyl'nyky hazu membranni. Zahal'ni tekhnichni umovy: DSTU EN 1359:2006 - [Chynnyy vid 2007-01-01]. – K: Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2007. – 45 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy).
4. Lichyl'nyky hazu turbinni. Zahal'ni tekhnichni umovy: DSTU EN 12261:2006. - [Chynnyy vid 2007-01-01]. – K: Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2007. – 32 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy).
5. Lichyl'nyky hazu rotorni. Zahal'ni tekhnichni umovy: DSTU EN 12480:2006. - [Chynnyy vid 2007-01-01]. – K: Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2007. – 25 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy).

6. Korektory do lychyl'nykiv hazu elektronni. Zahal'ni tekhnichni umovy: DSTU EN 12405:2006.- [Chynnyy vid 2007-01-01]. – K: Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2007. – 37 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy).
7. Derzhavna povirochna skhema dlya zasobiv vymiryuvannya ob'yemu ta ob'yemnoyi vytraty hazu: DSTU 3383:2007. - [Chynnyy vid 2007-07-01]. – K: Derzhspozhyvstandart Ukrainy 2007. – 6 s. – (Natsional'nyy standart Ukrainy).
8. Kuz' M.V. Komplektna povirka vymiryval'nykh kompleksiv ob'yemu ta ob'yemnoyi vytraty pryrodnoho hazu// Zbirnyk tez dopovidey s'omoyi vseukrayins'koyi naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi „Vymiryuvannya vytraty ta kil'kosti hazu”. – Ivano-Frankivs'k. – 2011. – S. 59.
9. Kuz' M.V. Metrolohichne zabezpechennya povirky vymiryval'nykh kompleksiv ob'yemu hazu// Zbirnyk tez dopovidey Khl mizhnarodnoyi naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi „Pryladobuduvannya: stan i perspektyvy”. – Kyiv, 2012 – S. 96-97.
10. GSI. Izmereniya kosvennye. Opredelenie rezul'tatov izmereniy i ocenivanie ih pogreshnostej: MI 2083-90.- [Chinniy vid 1992-01-01]. – M: Izdatel'stvo standartov 1991. – 9 s. – (Instrukcija).
11. Kuz' M.V. Orhanizatsiyna skhema povirky etaloniv, lychyl'nykiv ta vytratimiriv hazu na osnovi diahram staniv / M.V. Kuz' // Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu. – 2013. – №1. – с. 190-193.

Рецензія/Peer review : 12.9.2013 р. Надрукована/Printed :23.11.2013 р.
Рецензент: Адасовський Б.І., професор Івано-Франківського університету права імені Короля Данила Галицького, д.т.н., професор

УДК 519.876.5

Т.В. МИХАЙЛОВИЧ, М.Є. ФРИЗ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВОДОСПОЖИВАННЯ

Вдосконалено математичну модель погодинного водоспоживання шляхом врахування періодичної дисперсії його породжуючого процесу. Розроблено методи прогнозування водоспоживання на основі вдосконаленої моделі. Розроблено імітаційну модель водоспоживання. Здійснено імітаційне моделювання водоспоживання та проведено його статистичний аналіз. Наведено порівняння ймовірнісних характеристик погодинного водоспоживання та його імітаційної моделі. Підтверджено адекватність імітаційної моделі. Розроблено алгоритм імітаційного моделювання водоспоживання і впроваджено в інформаційну систему керування водопостачанням.

Ключові слова: водоспоживання, водопостачання, прогноз, модель, інтервал, імітація, період, дисперсія, алгоритм, інформаційна система.

T.V. MYKHAILOVYCH, M.YE. FRYZ
Ternopil National 'Ivan Puluj' Technical University

INFORMATION SYSTEM FOR SIMULATION WATER CONSUMPTION MODELLING

Abstract - Mathematical model of hourly water demand has been improved by considering periodic variance of its bearing process. The forecasting methods of hourly water demand have been developed upon improved mathematical model. Imitational model of water demand has been developed. Imitation modelling of hourly water demand has been performed and its statistical analysis has been done. Comparison of probabilistic characteristics of hourly water demand and its imitation model has been presented. Adequacy of imitation model has been approved. Algorithm of water demand imitation modelling has been developed and implemented on information system of water demand management.

Conclusion. Hourly water consumption mathematical model was improved by considering periodic variance of water consumption bearing process. Hourly water consumption models which described in [1, 6] are considering bearing process as time series with constant variance. Water consumption imitation model was developed and validated its adequacy with statistical analysis. Water consumption modelling software was developed.

Keywords: water demand, water provision, forecast, model, interval, imitation, period, variance, algorithm, information system.

Вступ

Ресурсозбереження питного водоспоживання є актуальною проблемою сьогодення [1]. Серед задач, які розглядаються в рамках даної проблеми найбільш важливими є наступні:

- Зонування водопостачальної мережі – визначення так званих «зон» мережі водопостачання; в межах кожної зони водоспоживання має однакові ймовірнісні характеристики, тобто зона вибирається групуванням максимальної кількості сусідніх будинкових лічильників, водоспоживання у яких має однакові ймовірнісні характеристики. Очевидно, зони не містять спільних лічильників. В результаті вдалого зонування досягається зниження тисків, встановлення оптимальних діаметрів будинкових лічильників водопостачальної системи.

- Визначення аварійних станів системи – в процесі роботи водопостачальної мережі, можливі два види аварій: витік та відмова в обслуговуванні; причиною витоку може бути як тріщина певного вузла системи в результаті її зношення, так і несанкціонований водозабір; відмови в обслуговуванні (ситуації, коли споживач не отримує воду) бувають повними та частковими; відмови приводять до збільшення тиску в системі, що сприяє її швидкому зношуванню; підозра аварійного стану виникає у випадку виходу значення водоспоживання за межі його оперативного-прогнозованого інтервалу [1] два кроки поспіль.

У [1–3] було обґрунтовано математичну модель водоспоживання у вигляді послідовності періодичної авторегресії із постійною дисперсією її породжуючого процесу та запропоновано методи прогнозування водоспоживання.

У даній статті цю модель вдосконалено шляхом представлення погодинного водоспоживання як послідовності авторегресії із періодичними параметрами.