

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Биць О. М., Матіко Ф. Д., Лесовой Л. В.

Національний університет «Львівська політехніка», oksana.slabyk@gmail.com

Налагодження точного обліку теплової енергії (ТЕ) є необхідною умовою її ефективного та економного використання. Точне вимірювання кількості ТЕ виконують за допомогою сучасних систем на основі мікропроцесорних контролерів, здатних реалізувати складні алгоритми обчислення кількості ТЕ за вимірюваними значеннями параметрів теплоносія. Процес проектування таких систем є складним та трудомістким, тому для підвищення його ефективності необхідно розробити програмний комплекс, що дасть можливість автоматизувати процес проектування.

Система вимірювання кількості ТЕ має враховувати параметри усіх наявних потоків теплоносія, кількість яких залежить від структури системи теплопостачання. Узагальнене рівняння, яке дає можливість обчислити кількість ТЕ для різних структур, має вигляд [1]:

$$W = \sum_{i=1}^a \int_{t_0}^{t_k} q_{1i} h_{1i} dt - \sum_{j=1}^b \int_{t_0}^{t_k} q_{2j} h_{2j} dt - \sum_{p=1}^m \int_{t_0}^{t_k} q_{\text{пр}} h_{\text{хвр}} dt, \quad (1)$$

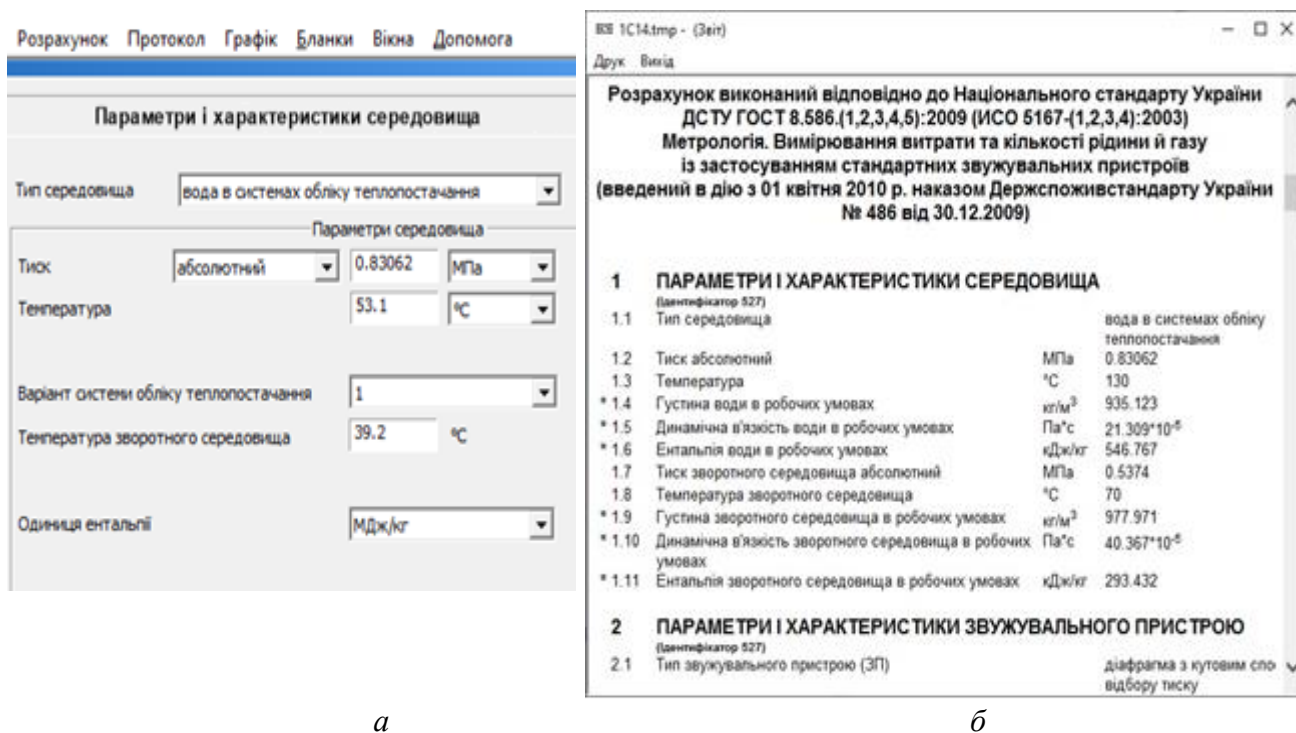
де q_{1i} , q_{2j} – масові витрати теплоносія, відповідно у кожному подавальному та зворотному трубопроводах; $q_{\text{пр}}$ – масова витрата теплоносія, використаного на підживлення системи по кожному підживлювальному трубопроводі; h_{1i} , h_{2j} – питома ентальпія теплоносія у кожному подавальному та зворотному трубопроводах; $h_{\text{хвр}}$ – питома ентальпія холодної води, яку використовують на підживлення системи; t_k , t_0 – межі інтервалу часу обчислення кількості ТЕ; a – кількість подавальних трубопроводів; b – кількість зворотних трубопроводів; m – кількість вузлів обліку на підживлювальних трубопроводах.

Авторами розроблено програмний комплекс для автоматизованого проектування систем вимірювання кількості ТЕ, в яких для вимірювання витрати теплоносія застосовують витратоміри змінного перепаду тиску зі стандартними звужувальними пристроями. Програмний комплекс містить підсистеми математичного забезпечення проектування та розрахунку засобів вимірювання кількості ТЕ, введення та перевірки коректності вхідних даних, графічного інтерфейсу й інтерактивних повідомлень, формування протоколів розрахунку та проектування. Основою підсистеми математичного забезпечення є рівняння (1), повна математична модель витратоміра змінного перепаду тиску [2], відомі, а також розроблені авторами методи розрахунку параметрів теплоносія (води, водяної пари) та рівняння для оцінювання невизначеності кількості теплової енергії [3].

На рис. 1, а представлено фрагмент вікна введення значень параметрів теплоносія. У вікні передбачено можливість вибору типу середовища (теплоносія), відповідно до якого реалізовано вибір відповідних методів обчислення його параметрів (густини, в'язкості, ентальпії). За результатами проектування

програмний комплекс формує протокол (див. рис. 1, б), у який виводить результати розрахунку параметрів середовища, а також результати проектування характеристик витратомірів, обчислені значення кількості ТЕ.

Слід наголосити, що у розробленому програмному комплексі проектування характеристик витратомірів змінного перепаду тиску виконується відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 8.586.1–5:2009. Розрахунок густини, ентальпії води або водяної пари виконується за методиками Міжнародної асоціації властивостей води та водяної пари *IAPWS*, визначення показника адіабати водяної пари, для якого відсутні методи в роботах *IAPWS*, за методикою, розробленою авторами.



а

б

Рис. 1. Фрагменти вікон програмного комплексу:
а – вікно вводу параметрів теплоносія; б – вікно протоколу проектування

Застосування розробленого програмного комплексу дасть можливість оптимізувати характеристики систем вимірювання кількості ТЕ під час їх проектування та спростити процес проектування, що в цілому дасть можливість підвищити точність вимірювання кількості теплової енергії.

1. Матіко Ф. Д., Слабик О. М., Гутник М. В. Аналіз нормативного забезпечення систем вимірювання кількості теплової енергії. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. № 28 (3). С. 105–110. <https://doi.org/10.15421/40280322>.

2. Лесовой Л. В. Методологічні засади нормування та підвищення точності вимірювання витрати і кількості плинного енергоносія методом змінного перепаду тиску : автореф. дис. докт. техн. наук.: Національний університет “Львівська політехніка”. Львів, 2012. 38 с.

3. Oksana Byts, Igor Kurytnik, Fedir Matiko et al. (2020). Evaluating the uncertainty of the amount of thermal energy for metering systems with differential pressure flowmeters / *Napędy i Sterowanie*, 2020. No. 4. P. 76–80.