

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ  
ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖ МІСТА

Кауркін Є. О., аспірант,

Гриб О. Г., д.т.н., проф., e-mail: [oleg47gryb@gmail.com](mailto:oleg47gryb@gmail.com)

Карпалюк І. Т., д.т.н., доц., e-mail: [humpway@gmail.com](mailto:humpway@gmail.com)

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

**Актуальність дослідження.** Енергопостачання в містах України є комплексом постачання, що найменше теплової і електричної енергій, причому, для споживача енергій вони розділені і можуть мати деяку незалежну оцінку, тоді, як для постачальника ці два види енергії тісно пов'язані. Теплова мережа є системою трубопроводів (теплопроводів), насосних станцій і теплообмінних апаратів, які забезпечують безперервну подачу та розподіл теплової енергії у вигляді гарячої води або пари споживачам та її повернення до джерела. Протяжність теплових та парових мереж в Україні станом на 2015 р. у двотрубному обчисленні становила 31,3 тис км, зокрема у м. Києві майже 1,2 тис км [1]. Робота насосів забезпечується електричною енергією, а також робота автоматики вимагає наявності електричної енергії і без певної потужності електричної енергії, неможливо виконати умови вироблення і постачання теплової енергії. Створення системи комплексного контролю за станом енергетичних мереж може забезпечити умови надійного і якісного постачання енергії суб'єктами господарювання в місті [2]. Виходячи із значної розгалуженості і протяжності теплових мереж їх моніторинг пропонується виконувати комплексами на базі БПЛА.

**Метою досліджень.** Дослідження переваг проведення діагностики стану енергетичних мереж за допомогою комплексів на базі БПЛА.

**Основні матеріали досліджень.** У містах теплові мережі виконують за однією зі схем: тупиковою (радіальною), кільцевою – за наявності декількох джерел тепла, і змішаною. Якщо допустимі короткочасні перерви в теплоспоживанні, достатні для ліквідації аварій на теплових мережах, то рекомендується використання радіальних схем теплових мереж. Радіальні теплові мережі споруджують з поступовим зменшенням діаметра труб від джерела теплоти. Такі теплові мережі також називають тупиковими, вони мають меншу вартість, ніж кільцеві, а також прості в експлуатації. При аваріях на головних ділянках теплових мереж теплопостачання поза аварійної ділянки припиняється. Кільцеві теплові мережі мають велику вартість і об'єднують кілька джерел виробництва теплової енергії з метою оптимального розподілу теплового навантаження по тепловим станціям і завантаження найбільш потужних і економічних котельних агрегатів [3].

За способом прокладання теплові мережі поділяють на підземні та наземні. Конструктивно підземні тепломережі ділять на два принципово різних види: каналні і безканалні. Канали для теплопроводів бувають прохідні, напівпрохідні і непрохідні. Прокладка в прохідних каналах (тунелях) – найбільш досконалий спосіб, тому що забезпечений доступ обслуговуючого персоналу до трубопроводів для здійснення контролю за їх станом і проведення ремонтних робіт. Прохідні канали влаштовують зазвичай при прокладанні великої кількості труб в одному напрямку, наприклад, на висновках з ТЕЦ. Однак, вартість прокладки трубопроводів в прохідних каналах досить висока, а самі канали мають великі габарити (висотою по просвіті не менше 1,8 м і з проходом між трубами – 0,7 м). Напівпрохідні канали є перехідним ступенем між прохідними і непрохідними каналами і мають габарити менші в порівнянні з прохідними (їх висота в світло 1,4 м, ширина проходу 0,4-0,5 м). Для огляду теплопроводів і проведення ремонтних робіт в напівпрохідних каналах необхідною умовою є відключення теплоносія.

Спосіб прокладання трубопроводів не дозволяє виконувати поверхові огляди. Під час транспортування теплоносія у період опалювального сезону, теплотраси мають підвищений тепловий фон. Тому, контроль стану трубопроводів можна виконувати оперативно за

допомогою тепловізора, встановленого на БПЛА. За рахунок теплоізоляції і наявності сторонніх теплових випромінювань, тепловий фон від теплотраси визначається складно, тому проведення теплової зйомки рекомендують виконувати в нічний час доби щоб виключити вплив сонячного світла і нагрітих об'єктів що використовуються в денний час (автомобілі). Теплова аерозйомка представляє собою фотографування випромінювання від об'єктів контролю в інфрачервоному діапазоні та перетворення його у видиме зображення. Суть методу інфрачервоної аерофотозйомки полягає в тому, що спочатку теплову мережу розбивають на ділянки, а потім при підключенні системи проводять одночасно теплову та візуальну аерофотозйомку обраних ділянок. Результати фотографування накладають один на другий і на отриманому сумісному зображенні проводять аналіз стану теплової мережі.

Можна виконувати таку зйомку наземним тепловізійним скануванням але в такого методу є недоліки. Авторами проведено порівняння методів теплозйомки: за допомогою БПЛА і наземними засобами.

*Теплова аерозйомка.* Термограма (кольорова чи чорно-біла). Переваги: Оперативність, одночасне обстеження великих площ, запис та аналіз даних. Недоліки: Дослідження тільки в нічний час, вплив теплової енергії зовнішніх джерел, висока вартість, відсутність нормативів.

*Наземне тепловізійне сканування.* Термограма (кольорова чи чорно-біла) Переваги: Оперативність, точне визначення місця дефекту, оцінка якості теплоізоляції, одночасне детальне обстеження локального місця, запис та аналіз даних на місці. Недоліки: Висока вартість, вплив теплової енергії зовнішніх джерел, необхідність постійного налаштування, дослідження тільки при низьких температурах.

Авторами запропонована методика експрес діагностики, яка побудована на порівнянні термознімків нормального стану теплопроводу (що приймаються за еталон) і термознімків поточного стану для виявлення розбіжностей. Виявлення розбіжностей може проводитися в автоматичному режимі за допомогою методів обробки зображень і розпізнавання форми відхилень. При використанні БПЛА для проведення поточної діагностики досягаються дві мети: Перша – підвищується актуальність оглядів(проведення оглядів стільки скільки необхідно від одного разу на добу до декількох раз на годину. При чому затрати на проведення оглядів будуть значно менші аніж проведення таких оглядів осмотровими бригадами. Друга – дозволяє вести архів станів теплопроводів, що дозволяє визначити ступінь зносу і руйнування сегментів мережі і можливість проведення експрес аналізу стану теплопроводу в реальному часі.

Авторами запропоновано впровадження автоматизованої системи моніторингу стану енергопостачаючої мережі, що дозволяє: оперативно виявляти порушення цілісності теплопроводів, і знаходити скриті порушення (витоки теплоносія в інші мережі міста).

**Висновок.** Таким чином, запропонована автоматизована система моніторингу стану енергопостачальної мережі дозволяє отримати економічні переваги і дозволяє отримати оперативну інформацію для підтримання енергетичних мереж в робочому стані. Запропонована автоматизована система моніторингу стану дозволяє проводити спостереження за різними інженерними мережами міста.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Укрстат [Режим доступу]  
[https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/energ/cin\\_el\\_energ/cin\\_el\\_energ\\_u/c\\_elenI\\_19\\_u.htm](https://ukrstat.org/uk/operativ/operativ2019/energ/cin_el_energ/cin_el_energ_u/c_elenI_19_u.htm)
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».
3. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. - 5-е изд., перераб. - М.: Энергоиздат, 1982. - 360 с.
4. Andarini R. The role of building thermal simulation for energy efficient building design // Energy procedia. – 2014. – V. 47. – P. 217–226.
5. Економіка підприємства  
[https://pidru4niki.com/10480304/ekonomika/ponyattya\\_sobivartosti\\_produktsiyi](https://pidru4niki.com/10480304/ekonomika/ponyattya_sobivartosti_produktsiyi)