

М.О. Куницький

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ГЕОПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Показано, що застосування геопросторових технологій для пошуку місць встановлення теплових насосів дозволяє заощаджувати та сприяє економії енергоресурсів. Це сприяє впровадженню енергоощадних проектів та зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу й знизити явище парникового ефекту. Пошук ділянок розміщення теплових насосів відбувався на основі розташування споживачів, діаметрів колекторів та їх витрати.

Ключові слова: тепловий насос, економічна ефективність проектів, підігрів води, геопросторовий пошук, альтернативні джерела, стічні води, міська інфраструктура, вторинне тепло.

Постановка проблеми

Збереження навколишнього середовища та очищення стічних вод до нормативної їх якості є досить важливим питанням не тільки в Україні, але і у світі. З прийняттям Водної рамкової директиви 2000/60/ЄС Європейського парламенту та Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» — директива від 23 жовтня 2000 року, яка встановлює основні (рамкові) положення для досягнення країнами ЄС належної якості води в водних об'єктах до 2015 року.

Через бойові дії, забруднення території, водних об'єктів, а також у зв'язку з екологічним становищем в Україні й економічною ситуацією, яка склалася в 2022-2023 роках, можуть виникнути глобальні надзвичайні ситуації. Застарілість процесів та механізмів очистки води спонукає людство до пошуку нових методів очистки та утилізації нагромаджених забруднень, забезпечення стабільності роботи очистки стічних вод в різних водних басейнах.

Існуюча методика регулювання процесами очистки та деякі методи, розроблені на основі математичних моделей, потребують уточнення та вдосконалення. Нові технології та методи потребують попередніх досліджень та апробації при різних режимах роботи очисних споруд та концентрації забруднень в стічних водах.

Впровадження геопросторових технологій для пошуку місць встановлення теплових насосів дозволяє заощаджувати та сприяє економії витрат. Тому використання теплових насосів в міській інфраструктурі в сучасному технологічному світі може бути досить актуальним та заощадити як

енергоресурси, так і вирішити питання автономії теплового забезпечення цілих кварталів.

Аналіз останніх досліджень у публікаціях

Утилізація тепла та очистка стічних вод постає однією з важливих проблем в сфері водних ресурсів, серед локальних джерел очистки, які набувають великої популярності й особливої потреби в нашій державі. Біологічні процеси очистки води залежні від зміни температур. Швидке падіння температури протягом декількох годин, гідравлічного утримування стічних вод діє як буфер для температури в резервуарах, що призводить до стабілізації біологічного процесу [1]. Автори у [2] пояснюють використання резервуара для зберігання, тепла в офісних будівлях за рахунок очисних споруд в Японії. Для прикладу в готелях впроваджуються схеми споживання енергії з використання резервуарів для зберігання тепла. В даній схемі використання теплового насосу для води було більш ефективним (COP (coefficient of performance - коефіцієнт корисної дії) = 4,5 - 5), ніж звичайний тепловий насос «повітря – повітря» [3]. В [4] зібрано дані про наявність енергії міських стічних вод в різних зонах та вказано, що одним з головних обмежень для впровадження систем рекуперації тепла зі стічних вод, враховуючи відсутність знань та зацікавленості кінцевих споживачів, потребу в постійному джерелі тепла.

Європейський досвід впровадження теплових насосів показує, що за попередніми оцінками, потенційний варіант використання тепла зі стічних вод на опалення дозволить опалювати 3% домогосподарств в Німеччині та Швейцарії [5]. Згідно даних [6] на прикладі досвіду проведених досліджень в Японії, де сніг зібраний на вулицях, транспортується до споруд з резервуарами для

вирівнювання температур, дощова вода з дворів. Об'єднаний потік повертається на очисну станцію для очищення.

Стічні води в Німеччині (Hayingen) є джерелом тепла для системи сушіння мулу з використанням сонячних сушарок та теплових насосів. Система сонячної сушарки не могла бути встановлена, як єдине джерело тепла, через змінну наявність сонячної енергії протягом року. У звичайних ОС аерація є найвимогливішою операцією. Протягом 35 днів [7] випробували динамічне управління ОС, де аерація змішаного розчину контролювалася за допомогою он-лайн моніторингу амонію в резервуарі для стоків з очищувачів.

Формулювання мети статті

Для комфортного проживання та забезпечення гарячим водопостачанням досить актуальним є використання теплових насосів із застосуванням технологій по утилізації тепла з стічних вод. З формуванням об'єднаних територіальних громад та об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) основні положення, які викладені в даній статті, мають місце та є досить привабливими для майбутніх капіталовкладень.

Метою статті є аналіз потенційних місць для влаштування теплових насосів та проведення зонування об'єктів споживання енергоресурсів за певними групами, залежно від віддаленості від джерела виробництва та розподілу теплового ресурсу.

Виклад основного матеріалу

Одним з перших кроків у розробці мереж постає потреба у даних. Робота з даними, може здійснюватися двома шляхами: візуалізацією та упорядкуванням даних на основі табличних форм в поєднанні з існуючими картами, а також з розробкою просторового відображення об'єктів, в поєднанні з атрибутивними даними, проведення інших операцій та взаємодії системи. Спираючись на дані, можна визначити місце розташування котельнь, центральні теплові пункти та індивідуальні теплові пункти, а також віддаленість від них споживачів. Відстань розташування будинків може бути головною характеристикою для розподілу споживачів на зони, які в свою чергу, будуть відображати ситуацію з якісним забезпеченням гарячим водопостачання.

Іншим методом упорядкування, збереження та застосування атрибутивних даних являється створення shape-файлу. Середовищем для створення відповідних файлів слугує будь-яке геоінформаційне програмне середовище (ArcGIS, QGIS, MapInfo тощо). Для реалізації зонового поділу було обрано програмний продукт Quantum

GIS (QGIS) географічна інформаційна система з відкритим кодом.

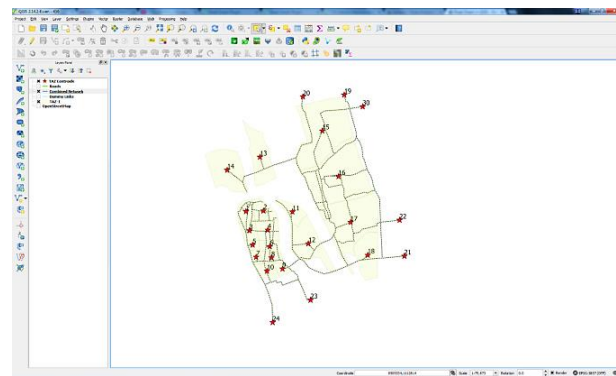


Рис. 1. Використання дорожніх графів в середовищі QGIS

В якості графу можна використовувати будь-який векторний шар з присвоєними йому атрибутивними даними, за якими буде розраховуватися довжина ребра, тобто довжина лінії що відходить від зв'язуючої точки. Дана функція використовується з метою пошуку найкоротших маршрутів та розрахунку відстаней.

Більшість об'єктів, розташовуються в межах 250 м від котельнь чи центральних теплових пунктів, що дозволяє віднести їх до однієї групи та охарактеризувати певним кольором. Об'єкти, які відносяться до даної групи розподілу, відобразити синім кольором, як 1 зону забезпеченості гарячим водопостачання з найкращою забезпеченістю та температурними умови гарячим водопостачання. Це дозволить виділити об'єкти, які не будуть вважатися основними (рис. 2).

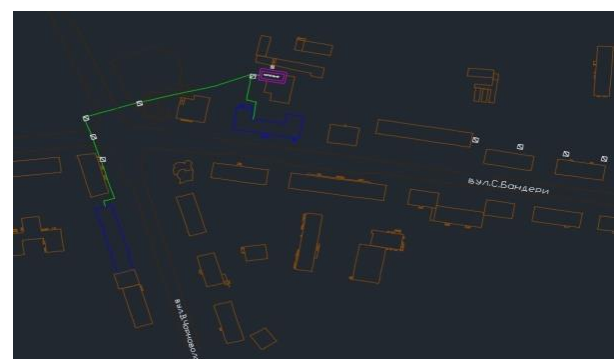


Рис. 2. Відображення 1 зони класифікації

До другої групи, віднесено об'єкти (споживачів), які знаходяться на відстані від 251 до 500 м від котельнь та центральних теплових пунктів. Дані споживачі забезпечуються гарячим водопостачанням з певним зменшенням температури порівняно зі споживачами в 1-й зоні

класифікації. Для даної зони присвоюємо жовтий колір (рис. 3).



Рис. 3. Відображення 2 зони класифікації

До 3 зони класифікації віднесені всі споживачі, які розташовуються на відстані 500 м і більше від котельні та центральних теплових пунктів. Даній групі користувачів наданий червоний колір, що характеризує суттєву віддаленість споживачів. Дана група споживачів постає основними об'єктами для аналізу (рис. 4).



Рис. 4. Відображення 3 зони класифікації

Стічні води проходячи по дворовій каналізаційній мережі мають невелику втрату

температури, як в літній так і в зимовий періоди року. Втрати теплової енергії рівні 36,3 та 42,8 Гкал по всій довжині мережі.

Провівши ряд експериментів та проаналізувавши дані, було виявлено, що деякі будинки містять декілька підключень мереж гарячого водопостачання.

Мережі гарячого водопостачання є мережею взаємопов'язаних лінійних об'єктів, за допомогою яких можна визначити віддаленість об'єктів, а також відобразити розподіл навантаження між споживачами. Спираючись на дані, можна визначити місце розташування котельні, центральних теплових пунктів та індивідуальних теплових пунктів, а також віддаленість від них споживачів. Відстань розташування будинків може слугувати головною характеристикою для розподілу споживачів на зони, які в свою чергу, будуть відображати ситуацію з якісним забезпеченням гаряче водопостачання. Для подальшої роботи з мережами було запропоновано створення окремої бази даних.

Висновки

За результатами експерименту було виявлено, що температура стічних вод на очисних спорудах відповідає всім вимогам очистки, а також температурним нормам. Температура стічних вод, яка надходить до очисних споруд, та температура води з якою проводиться скидання стічних вод варіюється в межах $\pm 0,5$ °C. Вилучення тепла зі стічних вод, в теплий період року, може складати 5-7 °C. Це дозволяє повноцінно застосовувати теплові насоси для постійного використання. В холодний період року, дана температура може бути направлена на підігрів відстійників, з метою підтримки біологічного процесу очищення води та нормалізації температури в межах $+10$ °C.

Даний метод є досить швидким в реалізації поставлених задач, має можливість досить легко зберігати дані та повноцінно реалізує візуалізацію даних на карті, відносно реальної ситуації. Для роботи з даними в інших програмних продуктах, потрібно розробка нової бази даних (імпорт даних).

Попередній аналіз, що описано вище, надає чітку картину розташування об'єктів у просторі, а також показує певну закономірність розташування. Це надає можливість згрупувати об'єкти за певними кількісними характеристиками спираючись на атрибутивні дані, як було описано вище.

Більшість об'єктів, розташовуються в межах 250 м від котельні чи центрального теплового пункту, що дозволяє віднести їх до однієї групи та охарактеризувати певним кольором. Даний метод дозволяє проводити дослідження в міській зоні і постійно виявляти нові місця для утилізації

вторинного тепла зі стічних вод, а також зменшити навантаження на централізовану систему гарячого водопостачання.

Література

1. Wanner, O. (2009) Warmerückgewinnung aus Abwasser. Wärmeaustauschverschmutzung: Auswirkungen und Gegenmassnahmen. *Schriftenreihe der Eawag*, 19, 62.
2. Frey, R. (2006) Energiestadt Lyss gewinnt Wärme aus Abwasser. *GWA. Gas, Wasser, Abwasser*, 3, 2.
3. Baek, N. C., Shin, U. C. & Yoon, J. H. (2005) A study on the design and analysis of a heat pump heating system using wastewater as a heat source. *Solar energy*, 78, 427-440. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.07.009>
4. Elías-Maxil, J. A., Van Der Hoek, J. P., Hofman, J. & Rietveld, L. (2014) Energy in the urban water cycle: Actions to reduce the total expenditure of fossil fuels with emphasis on heat reclamation from urban water. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 808-820. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.007>
5. Schitkowsky, A. (2011) Wärmerückgewinnung aus Abwasser - Beispiele aus Berlin. *SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT*, I. F., ed. 3e. *Internationales Symposium "Re-Water Braunschweig"*, 2011 Braunschweig, Germany. Technische Universität Braunschweig.
6. Frijns, J., Mulder, M. & Roorda, J. (2008) Op weg naar een klimaatneutrale waterketen. *RIJKSWATERSTRAAT* (ed.). Rijkswaterstraat, KWR, RIONED, STOWA.
7. Horne, J., Bois, B., Jordan, K., Kricun, A., Newton, J., Pedersen, T., Young, M., Leiby, A. & Snyder, G. (2008) Ensuring a Sustainable Future: an Energy Management Guidebook for Wastewater and Water Utilities. EPA, G. E. A. T. F. (ed.). Washington, D.C.: EPA, Global Environment and Technology Foundation.
8. Кізяєв, М. Визначення температурного режиму стічних вод у каналізаційних мережах за допомогою програми «Tempest» з метою рекуперації теплової енергії. / М. Кізяєв, М. Куницький // *Технічні науки та технології*. 2022. №2(28). С. 146-161. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2\(28\)-146-161](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2(28)-146-161)
2. Frey, R. (2006) Energiestadt Lyss gewinnt Wärme aus Abwasser. *GWA. Gas, Wasser, Abwasser*, 3, 2.
3. Baek, N. C., Shin, U. C. & Yoon, J. H. (2005) A study on the design and analysis of a heat pump heating system using wastewater as a heat source. *Solar energy*, 78, 427-440. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2004.07.009>
4. Elías-Maxil, J. A., Van Der Hoek, J. P., Hofman, J. & Rietveld, L. (2014) Energy in the urban water cycle: Actions to reduce the total expenditure of fossil fuels with emphasis on heat reclamation from urban water. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 808-820. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.007>
5. Schitkowsky, A. (2011) Wärmerückgewinnung aus Abwasser - Beispiele aus Berlin. *SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT*, I. F., ed. 3e. *Internationales Symposium "Re-Water Braunschweig"*, 2011 Braunschweig, Germany. Technische Universität Braunschweig.
6. Frijns, J., Mulder, M. & Roorda, J. (2008) Op weg naar een klimaatneutrale waterketen. *RIJKSWATERSTRAAT* (ed.). Rijkswaterstraat, KWR, RIONED, STOWA.
7. Horne, J., Bois, B., Jordan, K., Kricun, A., Newton, J., Pedersen, T., Young, M., Leiby, A. & Snyder, G. (2008) Ensuring a Sustainable Future: an Energy Management Guidebook for Wastewater and Water Utilities. EPA, G. E. A. T. F. (ed.). Washington, D.C.: EPA, Global Environment and Technology Foundation.
8. Kizeev, M., Kunytskyi, M. (2022) Determining the temperature regime of wastewater in sewage networks using the "Tempest" program for the purpose of heat energy recovery. *Technical sciences and technologies*. 2 (28), 146-161. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2\(28\)-146-161](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-2(28)-146-161)

References

1. Wanner, O. (2009) Warmerückgewinnung aus Abwasser. Wärmeaustauschverschmutzung: Auswirkungen und Gegenmassnahmen. *Schriftenreihe der Eawag*, 19, 62.

Рецензент: доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій А.П. Сафоник, Національний університет водного господарства та природокористування, Україна.

Автор: КУНИЦЬКИЙ Михайло Олегович спеціаліст, молодший науковий співробітник НДЧ Національний університет водного господарства та природокористування
E-mail - m.o.kunytskyi@nuwm.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1700-8167>

GEOSPATIAL DISTRIBUTION OF CITY INFRASTRUCTURE FOR THE PRACTICAL APPLICATION OF HEAT PUMPS

M. Kunytskyi

National University of Water Management and Nature Management, Ukraine

Use of water resources and wastewater treatment on a global scale. For various areas of use, appropriate water quality and purification is required. But in connection with the ecological situation in various countries of the world and the economic situation, which is developing in 2023 and beyond, it is worth noting that it leads to a global emergency. Instability of wastewater treatment parameters in various regional and global basins. The obsolescence of water purification processes and mechanisms prompts humanity to search for new methods of purification and disposal of accumulated pollution.

The financial sector is experiencing a significant downturn and is pushing global stock exchanges into economic depression and the possible collapse of currency charters in the system of central banks. The change in the reserve currency and the value of currencies in the world financial sphere is already setting a new trend in the distribution and redistribution of economic markets. The further development of technology and science in general requires the search for new funding sectors, platforms for the use of financial niches and a globally accessible calculation and earning sector for scientists.

Heat recovery and wastewater treatment is becoming a key issue in the field of water resources. Among the local sources of purification, which are gaining great popularity and special need in our country. Biological processes of water purification are quite dependent on temperature changes. It has been observed that when there is a rapid drop in temperature over a period of several hours, the hydraulic retention of the CB acts as a buffer for the temperature in the tanks, resulting in the stabilization of the biological process.

In the research, the search for a project with a quick payback period and low cost with provision of hot water supply appears. Implementation of technologies for utilization of heat from the environment and income for the benefit of communities and condominiums. The further calculation of the project should have a tendency, regarding the universality and practicality of its implementation, to be economically competitive and to bring improvements to the public sector.

One of the first steps in the development of networks is the need for data. Work with data can be carried out in two ways: visualization and arrangement of data based on tabular forms in combination with existing maps, as well as with the development of a spatial display of objects, in combination with attributive data, for other operations and system interaction. Based on the data, it is possible to determine the location of boiler houses, CTP and ITP, as well as the distance of consumers from them. The distance between houses can serve as the main characteristic for dividing consumers into zones, which, in turn, will reflect the situation with high-quality provision of domestic hot water.

After analyzing the data, it was found that some houses contain several connections of DHW networks. HVP networks are a network of interconnected linear objects, with the help of which it is possible to determine the distance of objects, as well as to display the distribution of the load between consumers.

Keywords: heat pump, cost-effectiveness of projects, water heating, geospatial search, alternative sources, waste water, urban infrastructure, secondary heat.