

## Нотатки вебінару «Теплові насоси у системах центрального опалення: як встановити та скільки коштує»

### Учасники:

**Модератор:** Дмитро Сакалюк — експерт ГО «Екоклуб»

**Спікери:** Пернілле Хартмунд Йоргенсен та Нікола Боцов, консалтингова компанія «PlanEnergi», Данія.

### Також взяли участь у заході:

- Костянтин Криницький — керівник відділу енергетики ГО «Екодія».
- Гуннар Бойе Олесен — координатор у «International Network for Sustainable Energy».
- Тоні Брінк — головний технічний директор у «Nordic Folkecenter for Renewable Energy».

### Вітальне слово

*Сакалюк:* Почав вебінар, оголосив технічні моменти. Наголосив, що прийдешня зима буде найважчою та вказав, що теплові насоси можуть бути потенційним рішенням. Надалі передав слово пану Гунеру

*Гунер:* Приєднався до вітального слова, розповів про спільну роботу з українськими партнерами та про проєкт «Green Agents» за фінансової підтримки Фонду нової демократії Данії спрямований на популяризацію таких рішень, як теплові насоси для опалення, а також створення онлайн-каталогу з різними рішеннями, завдяки яким можна виробляти тепло з різних природних джерел, а також каталог про те, як можна економити енергію.

*Брінк:* Висловив зацікавлення у тому, як українці шукатимуть рішення.

*Криницький:* Вебінар є наслідком російського вторгнення та є реакцією на актуальні виклики.

*Сакалюк:* Теплові насоси не є унікальним рішенням, однак вони використовуються переважно на маленьких окремих будівлях. Актуальним є питання збільшення масштабів та використання їх в мережах центрального опалення.

### Початок вебінару

*Нікола:* Коротко розповів про Plan energy. Це неурядова консалтингова компанія у сфері ВДЕ з Данії. Далі більш детально розповів про впровадження теплових насосів у

системі ЦО в Данії. Розвитку ТН сприяло зниження податків на електроенергію в Данії у 2019 році. Нині у системі ЦО діє 120 ТН, 66 із яких виготовляють тепло із повітря.

### Технічні аспекти теплових насосів

*Пернілле:* Навела приклад Копенгагена. У 90-х роках більшість теплової енергії в системі ЦО генерувалося шляхом сміттєспалення, але згодом було прийнято більше енергії виготовляти через електрику. Пернілла розповіла про принцип роботи одного із копенгагенських насосів у системі ЦО потужністю у 5 МВт, джерелом тепла якого є морська вода. Існують різні способи генерації енергії (від тепла, або від електрики), але конкретно ця презентація більше фокусується на генеруванні тепла із електрики. Наведений тепловий насос є проміжною ланкою між електрикою, згенерованою силою вітру, та між системою центрального опалення. Отримане тепло від морської води перетворюється тепловим насосом та передається далі до споживачів. Отримана температура коливається залежно від року. На виході температура може досягати 85 градусів Цельсія. Щоб оцінити ефективність насосу використовується коефіцієнт корисної дії, що враховує електроенергію на вході та отримане тепло на виході. Тобто якщо ми отримаємо 3МВт-год енергії, і затратили на його виготовлення 1МВт-год енергії, то ККД складає 3.



Надалі спеціалістка показала роботу теплового насоса з технічної точки зору на прикладі спрощеної схеми. Тепловий насос складається із випарника, конденсатора, компресора та розширювального клапана. Спершу холодна морська вода випаровується, а потім отримана пара нагрівається у компресорі і вже через конденсатор отримано тепло

направляється у систему ЦО. Розсіяне тепло повертається назад у конденсатор, що знову перетворює пару на рідину і цикл повторюється. Щоб досягнути максимально високого ККД між джерелом тепла на виході та централізованим теплом на виході. Експертка також показала різні види компресорів та випарників.



## ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ

### Компоненти теплового насоса

- Компресор
 



поршневий



гвинтовий



відцентровий

*потужність* →
- Випарник
 



Пластинчастий теплообмінник для рідин



Планшет для повітря



V-подібний розгалужувач повітря

Також експертка розповіла про *холодоагенти*. Вони бувають природні та синтетичні. Деякі холодоагенти шкодять атмосфері, тому потрібно враховувати їхній ПРОШ (потенціал руйнування озонового шару) та ПГП (потенціал глобального потепління). Останній показник нині є більш актуальним. Зазвичай природні холодоагенти мають нижчий ПГП, але не обов'язково. Експертка порадила використовувати природні холодоагенти.

Джерелами тепла для теплового насоса можуть бути:

- Грунтові води
- Геотермальне тепло
- Стічні води
- Промислове відпрацьоване тепло
- Спільне виробництво тепла та охолодження
- Димовий газ
- Повітря
- Морська вода

Вибір джерела тепла залежить від локальних умов та потреб споживача, визначення витрат, особливості клімату тощо.

*Технічні виклики:*

- Стабільна подача електроенергії
- Стабільне джерело тепла (перепади температури, забруднення, доступність)
- Температурні обмеження (коефіцієнт ефективності зменшується при високій температурі на виході; обмеження, накладені технічними можливостями компресорів; ККД взимку від повітряних теплових насосів знижується взимку)

### **Секція запитань щодо технічних аспектів**

*Питання 1:* Чи 85 градусів (у систему ЦО) — це температура, яка досягається тепловим насосом, чи є додатковий сторонній нагрів?

*Пернілле:* Це температура, яку ми отримуємо з насосу, але її можна підвищити завдяки іншим технологіям

*Питання 2:* Як вирішується питання гарячої води? Тепловий насос теж здатен нагрівати воду, чи для цього є окрема установка?

*Пернілле:* Ви маєте на увазі опалення будинків паралельно з нагрівом води? У Копенгагені є районне опалення, яке покриває всі потреби

*Уточнювальне питання від Сакалюка:* Чи правильно я розумію, що в будинках стоять теплообмінники, які забезпечують від опалення нагрівання води для будинків? Чи існує для кожної квартири нагрівач для води?

*Пернілле:* Ні, ми отримуємо все тепло від теплообмінника з мережі центрального опалення, яке використовується як для опалення, так і для водонагріву.

*Питання 3:* Який сезонний ККД у вашій установці?

*Пернілле:* Залежить від коливання температури джерела, але в наведеному вище прикладі із морською водою — 3–3,5

*Питання 5:* Чи вказаний насос одноступеневий? Чи існують інші варіанти?

*Пернілле:* Вказаний насос є одноступеневим, але це лише приклад, є і інші технічні рішення щ більшою кількістю циклів

*Питання 6:* Яка температура кипіння холодоагенту? І як забезпечується опалення, коли температура повітря опускається нижче за температуру кипіння холодоагенту?

*Пернілле:* Температура кипіння холодоагента завжди має бути нижче за температуру на виході джерела тепла. У наведеному прикладі різниця між температурою на виході джерела тепла та холодоагентом складає 2,5 кельвіни. І в цьому випадку температура була б -2 для холодоагента, але завжди можна знизити температуру у випарнику.

*Питання 7:* Можна вказати середньомісячну температуру січня в Данії для порівняння з українськими реаліями?

*Пернілле:* Колега підказує, що температура близько 5 градусів

*Питання 8:* У Німеччині часто вказують, що у старих будинках надто висока різниця температура, через що насоси не можуть працювати ефективно, навіть досягаючи сезонне ККД на рівні 3,5. Загалом, температура 4 градуси — це середня температура (джерела тепла)?

*Пернілле:* Ні, це найгірший варіант

*Уточнення:* Ага, це важливо. Вкажіть середню температуру? І чи маєте досвід роботи із річками?

*Пернілле:* Пернілле сказала, що надішле детальнішу інформацію. Щодо річок: у Данії таке рішення не використовувалось, але загалом це можливо, залежно від зовнішніх умов.

Продовжив розпитувати про середню температура, Пернілла наголосила на низькій різниці температур з метою досягнення високого ККД.

### **Економічні аспекти:**

*Нікола:* Фактори, що впливають на економічність теплового насоса:

- Інвестиційні витрати;
- Параметри кредиту (процентна ставка, строк тощо)
- Витрати на експлуатацію та обслуговування

- Вартість виробництва тепла в базовому сценарії

Інвестиційні витрати включають в себе витрати на власне тепловий насос, плата за підключення до електромереж, технологічну будівлю, купівлю землі та теплоаккумулятор.

Вартість компресійних теплових насосів (на мегават потужності, залежно від джерела тепла)

- На ґрунтових водах — 1–1,4 млн євро (встановлення такого насосу вимагає більше дослідження його впливу на екологію, що зумовлює вищу вартість)
- На воді чи повітрі — 0,8–1,2 млн євро
- Скидне тепло — 0,6–1,1 млн євро
- На морській воді — 0,5–1,2 млн євро (вони вимагають меншої кількості дозволів, щоб здійснити встановлення, що зумовлює нижчу ціну)

Окремо слід назвати абсорбційні насоси — 0,6–0,8 млн євро, але вони мають нижчий ККД.

У системі ЦО найпоширеніші компресійні насоси.

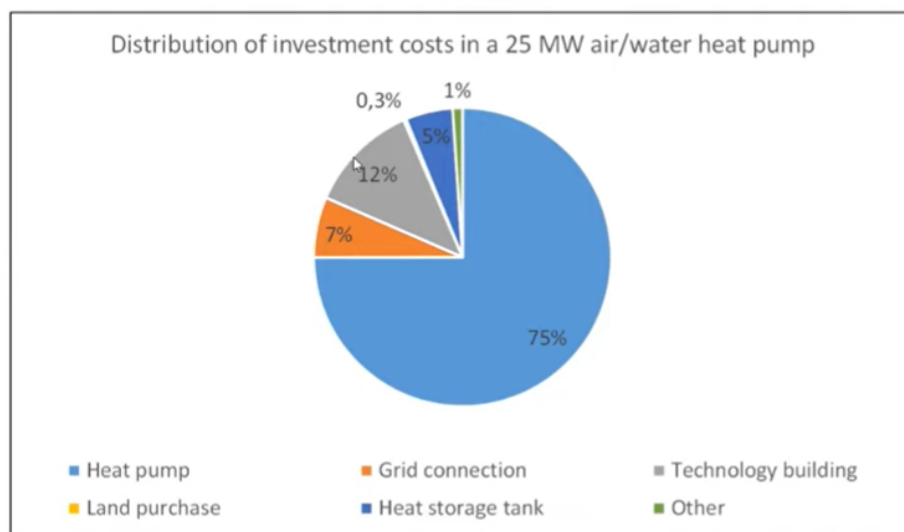
На вартість підключення до електромережі впливає тип підключення та компанії електропостачальника. Окремим фактором є віддаленість від підстанції.

Технологічна будівля залежить від будівельних витрат — ціна робочої сили та матеріалів.

**Купівля землі** — залежить від регіону, але не є значною у сукупній вартості.

Нікола також рекомендує встановити *теплоаккумулятор* — накопичувальним резервуаром, щоб збільшити гнучкість теплового насоса та зменшити залежність від коливання цін на ринку електроенергії. Вартість теплоаккумулятора складає від 130 до 180 тис євро на 1000 метрів кубічних. Теплоаккумулятори менші за обсягом значно дорожчі.

## ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ Інвестиційні витрати



*Структура інвестиційних витрат на встановлення теплового насосу потужністю 25 мегават типу «повітря-вода» (без урахування форс-мажорів): 75% — власне вартість теплового насоса, 12% — спорудження технічної будівлі, 7% — підключення до електромережі, 5% — тепловий акумулятор, 1% — інше*

У Данії негативно впливає на *ставки по кредитах* зростання рівня інфляції, через що зростає вартість енергетичних проєктів, також слід враховувати, що строк експлуатації великого теплового насоса становить близько 20 років, тому кредит має бути виплачений у цей час.

До витрат на експлуатацію належать витрати на електроенергію, за транспортування мережі, податки, витрати на обслуговування (2–3 євро на мегават годину виробленого тепла, дуже приблизно).

*Витрати на виробництво тепла* прямо залежать і дуже варіюються від цін на електроенергію. Середні витрати на експлуатацію близько 15–35 євро на мегават виготовленого тепла. Капітальні витрати становлять 10–15 євро на мегават виготовленого тепла.

Загальні витрати дуже варіюються і залежать від ринкової кон'юнктури, але варіюються в діапазоні 25–50 євро на мегават виготовленого тепла.

Строк окупності так само важко визначити, але данський досвід складає приблизно 10 років.

### Секція запитань

Питання 1: У чому суть пільгового оподаткування в Данії?

*Ніколо:* По-перше, у Данії загалом були дуже високі податки на електрику (50 євро на мегават годину на електрику), які згодом знизили, що все одно було недостатнім. Однак з метою прискорення зеленого переходу, оподаткування скоротили до 50 євроцентів на мегават годину на електрику. По-друге, існував збір для споживачів електроенергії, що підвищувало вартість теплового насосу. Зараз цей збір скасували.

Питання 2: Яка вартість одного мегавата тепла для кінцевого споживача у Копенгагені чи іншого міста?

*Ніколо:* Зараз ціни серйозно коливаються. Приблизно 80–100 євро за мегават-годину тепла, але раніше ціна була вдвічі менше. На зростання цін вплинуло сильне зростання цін на природній газ.

### Приклади теплових насосів на повітрі та воді

#### Приклади теплових насосів на повітрі/воді



Центральне опалення Бредструпа. Потужність 5,8 МВт, аміак/ $\text{NH}_3$



## Приклад: Фаборг, потужність 10,5 МВт

- Аміак, NH<sub>3</sub>
- 2 х гвинтові компресори
- 3 х гвинтові компресори + 5 х поршневі компресори
- 32 повітроохолоджувачі, які подають повітря вгору
- подача безпосередньо в мережу
- Акумулятор відсутній



## Приклад: Фарум, потужність 15 МВт

- Аміак, NH<sub>3</sub>
- 4 х гвинтові компресори + 5 х поршневі компресори
- 64 повітроохолоджувачі, які подають повітря вниз
- подача безпосередньо в мережу
- Акумулятор відсутній



### Секція запитань

*Питання 1:* Який середній ККД теплового насоса «повітря-вода»?

*Пернілла:* Максимально — 3,5. Сезонний — приблизно 3, але є різні фактори, які впливають

*Питання 2:* Тривалість будівництва теплонасосної станції?

*Пернілла:* Зараз період встановлення збільшується. Якщо дуже швидко будувати — 1,5 роки, але загалом — до трьох років

*Питання 3:* Чи правильно, що виробники теплової енергії для системи ЦО не є прибутковими? І чи означає, що вказана вартість тепла (heat cost) і буде кінцевою вартістю для споживача?

*Ніколло:* Більшість великих централізованих станцій не можуть отримувати прибуток, це заборонено, тому ціна тепла є нижчою для користувачів. Але є і інші компанії в системі опалення, які є прибутковими

*Питання 4:* Аміак — це небезпечна речовина, як забезпечується питання екологічності в цьому випадку і цивільного захисту у випадках його витоку?

*Ніколло:* Є різні обмеження щодо використання аміаку. Різні холодоагенти мають різний ступінь небезпеки та його регуляції, існує купа вимог із техніки безпеки, яких слід дотримуватись.