

## ВПЛИВ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ГРУНТІВ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОЛЕКТОРІВ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Наведено методику комплексних факторів для експерта проекту з оцінювання технічного стану теплового насоса, що дає змогу отримати належні управлінські рішення з врахуванням кількісних та якісних збуджуючих факторів, які впливають на надійність та довговічність роботи теплового насоса. Об'єктом досліджень є температурні і силові поля, зумовлені роботою теплових насосів, які виникають у ґрунтових основах та розташованих у них елементах будівель і споруд. Предметом досліджень є температурний і напружено-деформований стан системи «колектор ґрунтового теплового насоса – ґрунтова основа – фундамент – над-фундаментна споруда».*

**Ключові слова :** експеримент, фактори впливу, теплові насоси, функції належності, прогнозований технічний стан, дослідження.

### **Abstract**

*The methodology of complex factors for the expert of the project on the assessment of the technical condition of the heat pump is presented, which enables to obtain the appropriate management decisions taking into account quantitative and qualitative excitatory factors that influence the reliability and durability of the heat pump operation. The object of research is the temperature and power fields due to the work of heat pumps that arise in the soil bases and their elements of buildings and structures. The subject of research is the temperature and stress-strain state of the system "collector of soil heat pump – soil foundation – foundation - over-foundation structure".*

**Keywords:** experiment, influence factors, heat pumps, membership functions, predicted technical condition, research.

### Вступ

Правила експлуатації теплових насосів допускають циклічне заморожування-розморожування їх колекторів. Під час заморожування рідина в порах збільшується в об'ємі приблизно на 10 %. Міцність і модуль деформації льоду мають один порядок з аналогічними характеристиками матеріалів будівельних конструкцій є вищими, ніж у звичайних ґрунтів. Тому під час проектування основ і конструкцій, у яких розташовані колектори теплових насосів, необхідно враховувати це явище [1-3].

Сьогодні у практиці будівництва зазначені явища враховують у таких випадках:

1) під час визначення деформацій морозного здирання (в умовах України цей вид розрахунку виконують під час визначення глибини закладення підшви фундаменту);

2) у разі циклічного заморожування-розморожування відбувається погіршення властивостей ґрунту. Це явище враховують під час проектування морських споруд через введення додаткових навантажень і впливів (під час розрахунку напружено-деформованого стану) і знижувальних коефіцієнтів (під час визначення механічних властивостей);

3) у разі циклічного заморожування-розморожування погіршуються властивості бетону. Це явище враховують під час проектування, визначаючи кількість циклів заморожування-розморожування бетону, за якого його властивості знижуються незначно (морозостійкість);

4) бетонні елементи будівельних конструкцій, у яких розташовуються полімерні колектори теплових насосів, мають коефіцієнт температурного розширення на 1-2 десяткових порядки менше, ніж у колекторів за подібних значень деформаційних властивостей бетону і полімеру, в силу чого в разі зміни температури в конструкціях можуть виникати додаткові температурні деформації;

5) колектори теплових насосів можуть перебувати нижче від рівня підземних вод, через що заморожування-розморожування в цьому разі має дещо інші умови, ніж це відбувається під час випробувань за стандартною методикою.

## Результати дослідження

Колектор теплового насосу розміщують або безпосередньо у ґрунтовій основі, або у фундаментних конструкціях (блоках, палях). Оскільки сам тепловий насос працює або як працює або як нагрівач, або як охолоджувач того тіла, з яким безпосередньо стискається, то у цих тілах (ґрунт, бетон) викликають додаткові температурні напруження і деформації. Вони накладаються на ті напруження і деформації, які викликані вагою фундаментна та над фундаментної конструкції і можуть суттєво впливати на цілісність сусідніх будинків і споруд.

Відповідно до викладеного ми прийняли такий підхід до послідовності досліджень:

1) спочатку виконувався якісний експеримент, під час якого досягалася мета візуального позначення проблеми;

2) після цього виконувався експеримент, під час якого визначалися кількісні характеристики.

Матеріали досліджень викладено в такій послідовності:

- зазначено матеріали досліджень для виявлення закономірностей впливу циклічного заморожування-розморожування на міцнісні і деформаційні властивості ґрунту;

- наведено матеріали досліджень з виявлення закономірностей впливу циклічного заморожування-розморожування на міцнісні та деформаційні властивості бетону.

Під час виконання досягнуто мети оцінити вплив деформацій, зумовлених морозним здиманням на деформації розташованих на ґрунтовій основі будівель і споруд.

Нарешті, під час експерименту зроблено спробу визначити несучу здатність моделі пального фундаменту в разі циклічного замороження, ми також врахували загальні вимоги щодо випробування ґрунтів, бетону та паль у різних умовах розморожування прилеглого до нього ґрунту.

Виконання якісного експерименту. Відомо, що навіть укріплені ґрунти в водонасиченому стані під час циклічного заморожування-розморожування піддаються деструкції, внаслідок чого в разі їх використання в дорожньому будівництві виконують спеціальні випробування, суть яких полягає в циклічному заморожуванні-розморожуванні повністю занурених у воду ґрунтових зразків.

Розглянемо послідовність випробування.

1. Спочатку з використанням пробовідбірника добирали зразки природної структури, з яких з використанням ріжучого кільця польової лабораторії компресійного приладу вирізалися ґрунтові зразки з суглинистого ґрунту природної вологості .

2. Після цього їх поміщували в посудину з водою і витримували в ній протягом двох діб.

3. Згодом ємність з зануреними у воду ґрунтовими зразками поміщали в холодильну камеру і заморожували за мінусової температури  $-2^{\circ}\text{C}$  .

4. Далі, не виймаючи з води, зразки розморожували.

5. Після кожного циклу розморожування зразки фотофіксували, не виймаючи з води, і візуально аналізували їхній стан.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, із зростанням кількості циклів заморожування-розморожування збільшується кількість і змінюються особливості пошкоджень зразків (спочатку – деструкція граней, потім – лушення, далі – утворення тріщин, і, нарешті, остаточне руйнування).

Загалом виконані якісні експерименти дали нам змогу зробити висновок, що в цьому разі циклічне заморожування-розморожування ґрунту призвело до повного руйнування ґрунту. У зв'язку з цим необхідно з'ясувати, як зміняться властивості ґрунту під час його циклічного заморожування і розморожування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії України / НАН України, Інститут відновлюваної енергетики, Держ. ком. України з енергозбереження –К., 2005.– 45 с..
2. Аналіз сучасного стану альтернативної енергетики та рекомендації по екологізації паливно-енергетичного

- комплексу України. [Електронний ресурс]- Режим доступу: <http://eco.com.ua/content/analiz-suchasnogo-stanu-alternativnoi-energetiki-ta-rekomendatsii-po-ekologizatsii-palivno-e>
3. ДСТУ Б В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95). Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги
  4. Ратушняк Г. С. Моделювання надійності систем теплопостачання на основі лінгвістичної інформації. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Ратушняк Г. С., Левицький О., Ратушняк О.Г. Вінниця, УНІВЕРСУМ. - 2004. - С. 179-192.
  5. Ратушняк Г.С. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: навч. посіб./Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула, К. В. Анохіна – Вінниця: ВНТУ, 2010
  6. Теплові насоси. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://tteh.com.ua/pub.php?id=15&lang=ukr>.
  7. Навчальний посібник. Низькопотенційна енергетика. А.О.Редько, М.К. Безродний, М.В. Загорученко, О.Ф. Редько, Г.С. Ратушняк, М.Г.Хмельнюк. Харків 2016.
  8. Мальований М. С. Світовий досвід, переваги та недоліки застосування теплових насосів у теплоенергетиці України / М. С. Мальований, О. Ю. Берлінг // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 3 – С. 89–94.
  9. Адаменко О. М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії. Монографія./ О.М. Адаменко, В. А. Височанський, В. М. Лютко – Івано-Франківськ:ІМЕ, 2001. – 432с.
  10. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли: монография / Г. П. Васильев. – М: Издательский дом «Граница», 2006. –176 с., ил. С. 62 – 66.
  11. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Москомархитектура. ГУП "НИАЦ", 2001
  12. Амерханов Р. А. Гетротермальная энергия в системах теплоснабжения / Р. А. Амерханов // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28, № 2. – С.30-34.
  13. Безродний М. К. Оптимальна робота теплового насоса в низькотемпературних системах опалення з використанням теплоти ґрунту / М. К. Безродний, Н. О. Притула // Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". -2012.-№1.-С.7-12.

**Георгій Сергійович Ратушняк** — канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email : [ratusnak@gmail.com](mailto:ratusnak@gmail.com)

**Дмитро Анатолійович Шпіта**— аспірант, кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця : [DimaShpita95@e-mail.ua](mailto:DimaShpita95@e-mail.ua)

**Heorhiy S. Ratushniak** — Ph.D., Professor of the Department of Engineering Systems in Construction,, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [ratusnak@gmail.com](mailto:ratusnak@gmail.com)

**Dmitri A. Shpita**— postgraduate, Department of the Department of Engineering Systems in Construction,, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : [DimaShpita95@e-mail.ua](mailto:DimaShpita95@e-mail.ua)