УДК 624.15; 624.131

ВПЛИВ ЦИКЛІЧНОГО ЗАМЕРЗАННЯ–РОЗМЕРЗАННЯ НА ДЕФОРМАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ГРУНТІВ ОСНОВИ ВНАСЛІДОК РОБОТИ ПЛОСКОГО КОЛЕКТОРА ТЕПЛОВОГО НАСОСА

THE IMPACT OF CYCLIC FREEZING–THAWING ON THE DEFORMATION CHARACTERISTICS OF SOILS FOUNDATIONS OWING TO THE FLAT COLLECTOR'S WORK OF HEAT PUMP

Моркляник Б.В., д.т.н., проф. (НУ "ЛП", м. Львів), Брездень Б.Є., аспірант (НУ "ЛП", м. Львів), Лавренюк В.М., аспірант (НУ "ЛП", м. Львів)

Morklianyk B.V., DSc in engineering, professor (National University "Lviv Polytechnic", Lviv), Brezden B.Ye., post graduate student (National University "Lviv Polytechnic", Lviv), Lavreniuk V.M., post graduate student (National University "Lviv Polytechnic", Lviv)

Проведено експериментально-теоретичні дослідження впливу циклічного замерзання–розмерзання грунтів основи на їх деформаційні властивості внаслідок роботи плоского колектора теплового насоса та проаналізовано отримані результати

The article deals with the impact of cyclic freezing–thawing on the deformation characteristics of soils foundations owing to the flat collector's work of heat pump. The impact of freezing–thawing is investigated and diagrams of dependence between freezing-thawing cycles and sedimentations of different type of soils are constructed. One of the main technical problem of heat pump with flat collector is shown. As a result of three freezing-thawing cycles soils foundation by stamp method is established, that sedimentation of sand increased by 18%, sedimentation of loam - by 33% and sedimentation of clay - by 30%. Approximation results for sand, loam and clay are given and analyzed

Ключові слова: плоский колектор, тепловий насос, замерзання–розмерзання грунту.

Keywords: heat pump, flat collector, freezing–thawing of soil.

Вступ. Останнім часом в багатьох розвинених країнах світу широку популярність отримали грунтові теплові насоси з плоскими колекторами, які є альтернативою традиційному газовому опаленню. Ефективність, економічність та простота в експлуатації теплонасосних установок неодноразово доведена. Проте, важливим є дослідження грунту основи, а саме: його типу, теплофізичних, міцнісних та деформаційних властивостей, а також можливості розташування в ньому плоского колектора.

Актуальність дослідження. Внаслідок роботи плоского колектора відбувається відбір тепла з грунту основи, що з часом призводить до його замерзання–розмерзання та зміни фізико-механічних і деформаційних властивостей. Крім того, процес замерзання–розмерзання грунту є циклічним. Тому, дослідження впливу роботи теплового насоса на міцність і деформативність грунту основи і фундамент будівлі є актуальною науково-технічною проблемою з позиції забезпечення її надійності.

Аналіз останніх досліджень. Донедавна більшість наукових робіт досліджували роботу теплових насосів з точки зору їх ефективності, не звертаючи увагу на вплив роботи колектора теплового насоса на грунт основи і фундамент будівлі [1–3]. Перші дослідження впливу роботи плоского колектора теплового насоса на грунт основи і фундамент будівлі в Україні були проведені професором Моркляником Б.В. [4–5]. У цих працях запропоновано методику визначення напружено-деформованого стану геомеханічної системи "фундамент-грунтовий масив" у зоні дії плоского колектора теплового насоса.

Проте, проблема оцінки впливу циклічного замерзання–розмерзання грунту основи на фундамент будівлі внаслідок роботи плоского колектора теплового насоса є й досі актуальною.

Мета дослідження полягає у визначенні впливу циклічного замерзання–розмерзання на деформаційні властивості різних видів грунтів внаслідок роботи плоского колектора теплового насоса.

Методика і результати досліджень. Для визначення деформаційних властивостей грунту було проведено випробування штампом, який використовувався як аналог фундаменту будівлі, під яким відбувалося замороження–розмороження грунту, викликане роботою плоского колектора теплового насоса. Схема дослідної

установки показана на рис. 1. У металевий лоток **3** з розмірами 60х50х30 см поміщався досліджуваний вид грунту **4**. За допомогою металевого штампу **2** з площею поперечного перерізу 600 см^2 тарованим вантажем **6** через шток **5**, який прикріплений до корпусу **1**, передавалося навантаження на грунт. Осідання грунту фіксували індикатори **7**. Після цього досліджуваний грунт заморожувався в морозильній камері до мінусової температури, розморожувався і знову випробовувався штампом. Циклів замерзання–розмерзання для кожного виду грунту було три. Випробовувалися три види грунту – пісок середньої крупності з вологістю W=11%, суглинок з W=25% та глина з W=20,5%. Для кожного разу почергово прикладалося вертикальне навантаження 0,1 і 0,2 МПа.

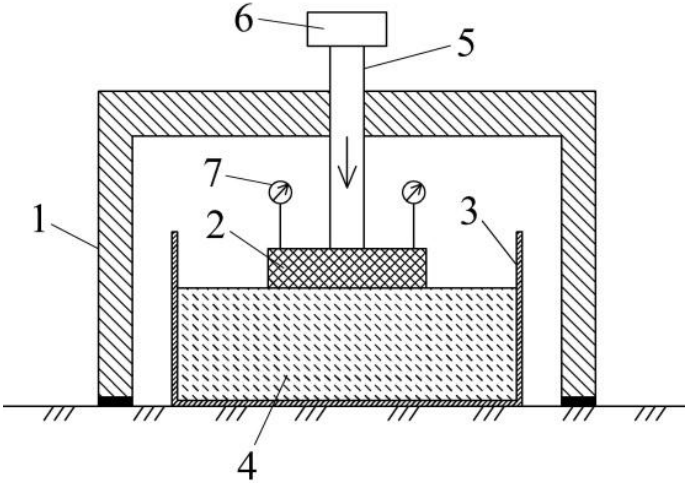

Рис. 1. Схема дослідної установки

Випробування та оброблення експериментальних даних проводилося за стандартною методикою [6]. Після цього з використанням коефіцієнтів Агішева [7] визначався штамповий модуль загальної деформації.

На рис. 2 показано результати випробувань піщаного грунту, суглинку та глини навантаженням 0,1 МПа, а на рис. 3 – навантаженням 0,2 МПа.

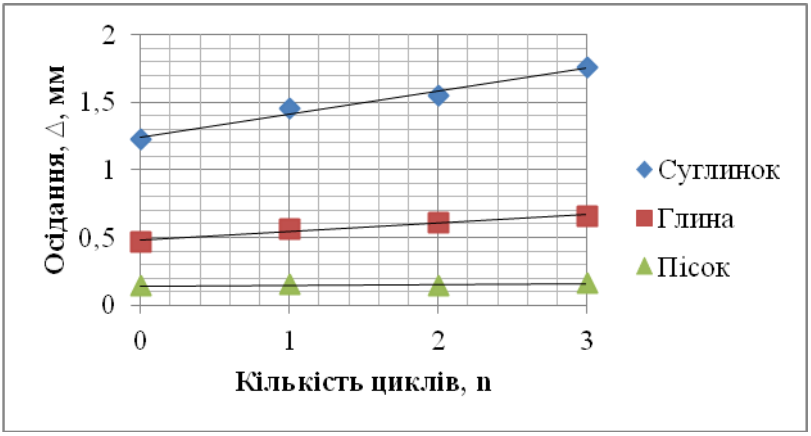

Рис. 2. Залежність осідання грунтових зразків від кількості циклів замерзання–розмерзання при навантаженні 0,1 МПа

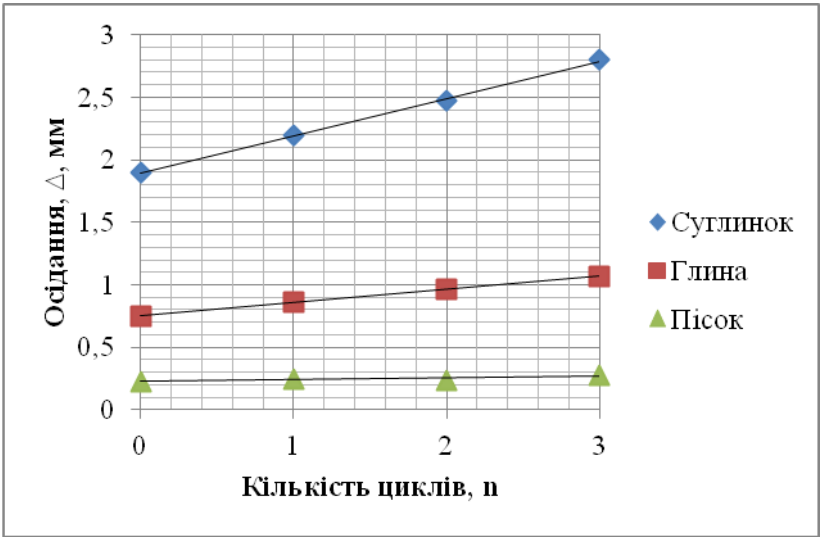

Рис. 3. Залежність осідання грунтових зразків від кількості циклів замерзання–розмерзання при навантаженні 0,2 МПа

На рис. 4 відображена апроксимована ступінь залежності:

$$E = a \cdot exp(b \cdot n),$$

де E – штамповий модуль загальної деформації, a і b – емпіричні коефіцієнти, n – кількість циклів заморожування–розморожування.

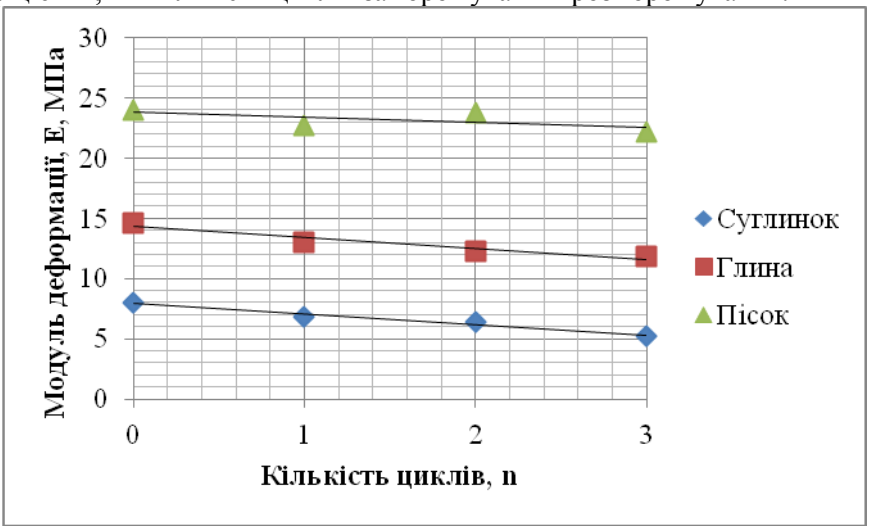

Рис. 4. Залежність модуля деформації від кількості циклів замерзання–розмерзання

Результати апроксимації показані в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати апроксимації

Назва коеф. / Назва грунту	Пісок	Суглинок	Глина
Емпіричний коеф. a_i, кПа	23,97	7,98	14,57
Емпіричний коеф. b_i, ч.од.	-0,02	-0,12	-0,08
Коеф. кореляції r	0,59	0,98	0,95

З таблиці бачимо, що найменше змінюється модуль деформації піску, а найбільше – суглинку.

За результатами проведених досліджень зроблено наступні висновки:

1. Дослідження впливу роботи плоского колектора теплового насоса на деформаційні властивості грунтів основи є актуальною науково-технічною проблемою з позиції забезпечення надійності будівель та споруд.

2. В результаті проведення трьох циклів замерзання–розмерзання грунтів основи методом штампу встановлено, що

осідання піску збільшилося на 18%, суглинку – на 33%, глини – на 30%. З кожним наступним циклом замерзання–розмерзання осідання грунту збільшується, що може призвести до руйнування основи і фундаменту будівлі. Тому, при проектуванні плоского колектора теплового насоса це потрібно враховувати.

3. Отримано і проаналізовано результати апроксимації для піску середньої крупності, суглинку та глини.

1. Олейникова Е.Н. Исследование и оптимизация теплонасосных установок в структуре схем ПГУ-ТЭЦ: дис. к. т. н.: 05.14.14 / Олейникова Евгения Николаевна – Москва, 2015. – 164 с.

2. Greg Pahl. Magic heat pumps / Greg Pahl // Energy and environment. – 2006. – №6. – P. 95–102.

3. Ground-Source Heat Pumps in Cold Climates. [Електронний ресурс] / A report for the Denali Commission // Prepared by: Alaska Center for Energy and Power Cold Climate Housing Research Center. – 2011. – Режим доступу: www.uaf.edu/files/acep/Ground-Source-Heat-Pumps-in-Cold-Climates.pdf.

4. Моркляник Б.В. Закономірності деформування геомеханічної системи "Фундамент – грунтовий масив" в зоні дії колектора теплового насоса: монографія / Моркляник Б.В. – Львів: Захід-друк, 2015. – 272 с.

5. Моркляник Б.В. Вплив роботи колекторів теплових насосів на геомеханічну систему "грунтовий масив – надфундаментна споруда" / Б.В. Моркляник // Залізобетон минулого і майбутнього: м-ли Всеукр. міжвуз. наук. семінару. – Львів, 14–15 травня 2015 р. – С. 49–53.

6. ГОСТ 20276-2012. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.

7. Шашенко О.М. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. Методичні рекомендації до вивчення дисципліни студентами напряму підготовки 6.060101 Будівництво / О.М. Шашенко, В.Г. Шаповал, В.П. Пустовойтенко, Н.В. Хозяйкіна, К.С. Тітякова, К.С. Причина, В.А. Легенченко. – Донецьк: Національний гірничий університет, 2013. – 53 с.