

слугують четвертинні відклади. Розвантаження водоносного горизонту відбувається по улоговинах у покрівлі водотривкого шару, що часто призводить до виникнення зсувів.

5. Більшість схилів Полтавщини відносяться до зсувонебезпечних та зсувних. Зсуви мають локальний характер, а їх розміри не перевищують по ширині 100 м. Як правило, на вільних від забудови територіях на схилах фіксуються виходи ґрунтових вод на поверхню, схил має хвилястий або «ступінчатий» рельєф і характерну рослинність. Спроба забудови вільних майданчиків без проведення протизсувних заходів сприяла активізації зсувів.

#### **Висновки.**

1. Особливості геоморфологічної та геологічної будови території Полтавщини пов'язані зі специфікою формування лесових та лесоподібних ґрунтів у період відступу валдайського льодовика. Лесові породи, які мають світлий колір, чергуються з відкладами лесоподібних порід, які мають темно-коричневий або коричневий колір.

2. Інженерно-геологічна будова схилів річкових долин характеризується стародавніми пониженнями рельєфу у вигляді похованих улоговин, заповнених лесовими ґрунтами, наявність яких значно впливає на режим ґрунтових вод.

3. Особливий режим ґрунтових вод в улоговинах характеризується підвищеним напірним гідравлічним градієнтом порівняно з іншими ділянками схилу, що призводить до інтенсивного розвитку суфозії лесових ґрунтів у межах улоговини і, як наслідок, до переходу їх у категорію «слабких», високодеформативних ґрунтів. Це явище є головною передумовою виникнення зсувів у межах схилів річкових долин.

4. При проведенні проектування та будівництва на зсувонебезпечних схилах слід враховувати наявність улоговин у водотривкому шарі. У процесі інженерно-геологічних досліджень їх треба обов'язково виявляти, класифікувати та визначати фізико-механічні властивості ґрунтів з урахуванням гідрогеологічних особливостей улоговини.

#### *Література*

1. Краев, В.Ф. *Инженерно-геологическая характеристика пород лессовой формации Украины* / В.Ф. Краев. – К.: Наук. думка, 1971. – 548 с.

2. Демчишин, М. Г. *Современная динамика склонов на территории Украины (инженерно-геологические аспекты)* / М. Г. Демчишин. – К.: Наукова думка, 1992. – 254 с.

3. Демчишин, А.Г. *Инженерно-геологичні умови в долинах рівнинних рік* / А.Г. Демчишин, О.М. Анацький // *Будівельні конструкції: міжвід. наук.-техн. зб.* – Вип. 71. Кн. 1. – К.: НДІБК, 2008. – С. 156 – 164.

4. Біда, С.В., Великодний Ю.Й., Ягольник А.М. *Класифікація улоговин Полтавського лесового плато* / С.В. Біда, Ю.Й. Великодний, А.М. Ягольник // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. збірник наук. праць. Випуск 18.* – Рівне, 2009. – С. 548 – 553.

5. Беда, С.В. *Причины развития оползневых процессов на склонах, сложенных лесовыми грунтами* / С.В. Беда // *Вісник Одеської держ. акад. буд. та арх.* – Вип. №36. – Одеса: ОДАБА, 2009. – С. 52 – 57.

6. Біда, С.В., О.В. Куц, К.В. Підрійко. *Визначення характеристик міцності лесових ґрунтів при розрахунках стійкості схилів* / С.В. Біда, О.В. Куц, К.В. Підрійко // *Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. збірник.* – Вип. 75: в 2-х кн., книга 2. – Київ: ДП НДІБК, 2011. – С. 543 – 548.

7. Біда С.В., Великодний Ю.Й. *Підтоплення Полтави та його вплив на розвиток зсувних процесів* / С.В. Біда, Ю.Й. Великодний // *Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. збірник.* – Вип. 61., Т.2. – К.: НДІБК, 2006. – С. 275 – 278.

*Надійшла до редакції 03.10.2012*

*© Ю.Й. Великодний, С.В. Біда, А.М. Ягольник, О.Ю. Пащенко, В.С. Житник*

*О.В. Гранько, к.т.н., доцент  
О.В. Семко, д.т.н., профессор  
О.В. Суходуб, інженер*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **ЧИННИКИ НЕОДНОРІДНОСТІ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ**

*Виділено шляхи підвищення ефективності розрахункової моделі системи «основа – фундамент – будівля» (ОФБ) ґрунту при врахуванні неоднорідності основ і фундаментів для будівель і споруд, що підлягають реконструкції.*

**Ключові слова:** *уцілювання, анізотропія, реконструкція, неоднорідність.*

*Е.В. Гранько, к.т.н., доцент  
А.В. Семко, д.т.н., профессор  
А.В. Суходуб, інженер*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

## **ФАКТОРЫ НЕОДНОРОДНОСТИ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ**

*Выделены пути повышения эффективности расчетной модели системы «основание – фундамент – здание» (ОФЗ) грунта при учете неоднородности оснований и фундаментов для зданий и сооружений, подлежащих реконструкции.*

**Ключевые слова:** *уплотнение, анизотропия, реконструкция, неоднородность.*

*О.В. Granko, Ph.D., Ass. prof.  
О.В. Semko, Sc.Dr., Prof.  
О.В. Sukhodub, engineer*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

## **FACTORS HETEROGENEITY BASES AND FOUNDATIONS AT RECONSTRUCTION OF BUILDINGS**

*Identified ways to improve the computational model of the «base – foundation – building» (BFB) of soil, taking into account the heterogeneity of the foundations for buildings and structures to be reconstructed.*

**Keywords:** *compaction, anisotropy, reconstruction, heterogeneity.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями.** Для проведення реконструкції будівель і споруд, особливо якщо це пам'ятки архітектури, доцільно вдосконалювати методики проектування їх основ і фундаментів. Оскільки велика кількість будівель перебуває у складних геологічних умовах, а реконструкція переважно веде до збільшення навантажень (надбудови, переобладнання об'єктів), то виникає необхідність більш повного врахування реальних властивостей ґрунтів та змін у стані споруди за час експлуатації.

Проблемам основ фундаментів при реконструкції існуючих будівель присвячено чимало наукових праць. Оцінка рівня надійності системи «основа – фундамент – будівля» (ОФБ), що реконструюють, переважно залежить від її прийнятої моделі. Останнім часом

завдяки програмним комплексам PLAXIS, «RASKOS», Flac, Oasys, Pisa [1, 2] стало можливим при проектуванні враховувати чинники неоднорідності основ і фундаментів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв’язання цієї проблеми.** Технічний стан конструкцій на ґрунтових основах (фундаменти, надземні споруди тощо) значним чином залежать від механічних характеристик ґрунту. Майже всі ґрунти мають певні анізотропні властивості [3]. При проектуванні враховують різницю механічних властивостей за різними напрямками (деформаційна анізотропія та анізотропія міцності). Питанням анізотропії ґрунтів присвячено праці О.К. Бугрова, Ю.Л. Винникова, О.І. Голубєва, Ю.О. Соболевського, В.Б. Швеця, О.В. Школи та інших [3 – 5].

На сьогодні розрахунки ведуть або без урахування змін характеристик ґрунту за період експлуатації будівлі, або за двошаровою схемою [6 – 12]. Тривале обтиснення основи фундаментом (за умови, що співвідношення середнього тиску під фундаментом до розрахункового опору ґрунту  $p/R \geq 0,65$ ) призводить до утворення під його підшовою ущільненої зони (верхній шар у схемі), потужність якої не перевищує  $0,5b$  [12].

Відзначимо також, що  $R$  є випадковою величиною (ВВ) з огляду на мінливість кута внутрішнього тертя  $\phi$ , питомого зчеплення  $s$  і питомої ваги ґрунту  $\gamma$ , а  $R=f(\phi, s, \gamma)$ . Значення тиску під підшовою фундаменту  $p$  – також ВВ, оскільки навантаження носять випадковий характер [11]. Характеристики ґрунтів основи будівлі є ВВ.

Але навіть вивчені фактори мало використовують при проектуванні будівель.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Отже, при проектуванні реконструкції практично не враховують такі чинники неоднорідності основ і фундаментів, як:

- природна та наведена анізотропія ґрунтової основи;
- зміна показників деформативності ґрунту з глибиною ущільненої зони при тривалому обтисненні основи;
- змінність властивостей основи в межах будівлі в кожному шарі ґрунту як ВВ;
- наявність зони розуцільнення в межах основи;
- стан ґрунтів зворотної засипки;
- змінність геометричних параметрів фундаментів;
- жорсткість фундаментів та загальна жорсткість будівлі.

Тому за **мету роботи** прийнято визначення шляхів підвищення достовірності розрахунків основ і фундаментів при врахуванні неоднорідності їх параметрів у задачах реконструкції будівель і споруд.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянемо детальніше лише низку чинників неоднорідності, що впливають на стан системи ОФБ при реконструкції.

Наочним прикладом цього явища є результати досліджень ґрунту під підшовою фундаменту (наведена анізотропія) та за їх межами (природна анізотропія) на об’єктах м. Полтави. Відбір зразків проводився під кутом нахилу до горизонтальної площини  $\alpha=0^\circ$  та  $90^\circ$ . Несучим шаром для стрічкових цегляних фундаментів з розмірами  $b=1,5$  м та  $d=8,2$  м був суглинок легкий пілуватий, напівтвердий. Отримані дані занесено до табл. 1, аналізом яких стали квадранти годографів (рис. 1).

**Таблиця 1 – Властивості природного й ущільненого ґрунту за напрямками  $\alpha=0^\circ$  та  $90^\circ$  до горизонтальної площини на дослідному об’єкті в м. Полтаві**

№ з/п	Місце відбору	$I_p$	$I_L$	$\rho_{d, T/M^3}$	$e$	$S_r$	$\phi$ , град.	$s$ , кПа	$E$ , МПа	Напрямок відбору
1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Під підшовою фундаменту	0,17	0,09	1,54	1,22	0,51	33	78	4,0	горизонтальн.
		0,17	0,09	1,68	0,97	0,58	36	61	4,9	вертикальний

2	За межами фундаменту	0,17	0,09	1,56	1,09	0,55	35	44	4,4	горизонтальн.
		0,17	0,09	1,59	1,07	0,55	32	78	4,8	вертикальний

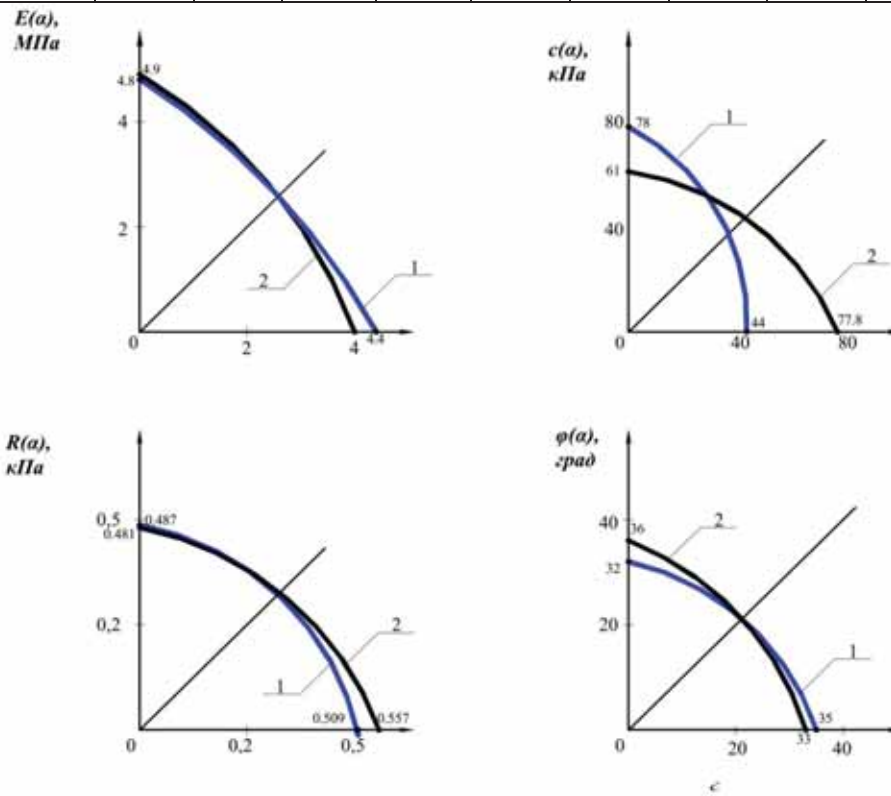


Рисунок 1 – Квадранти годографів: а – модуля деформації  $E$ ; б – питомого зчеплення  $c$ ; в – питомого опору пенетрації  $R$ ; г – кута внутрішнього тертя  $\varphi$ ; 1 – властивості природного ґрунту; 2 – теж, ущільненого ґрунту

Встановлено також, що при замоканні лесових ґрунтів під подошвою фундаменту формується практично ізотропне середовище (рис. 2).

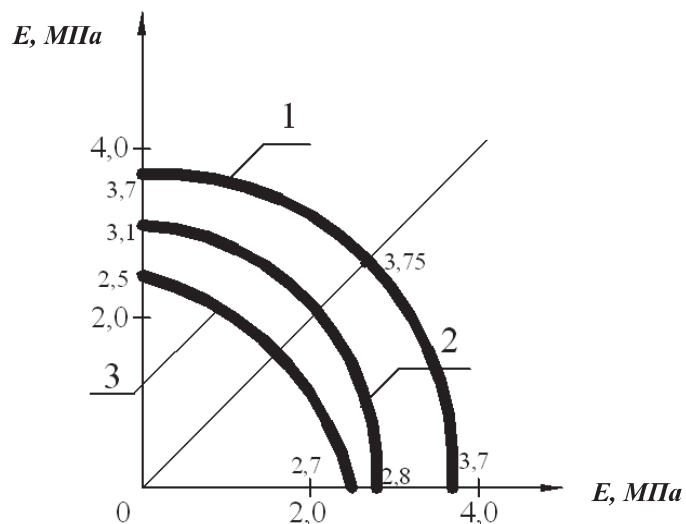


Рисунок 2 – Квадрант годографу модуля деформації ґрунту  $E$ , МПа: 1 – при відборі ґрунту на глибині 0,25 м під подошвою фундаменту; 2 – теж на глибині 0,50 м; 3 – теж на глибині 0,75 м

При тривалому обтисненні в межах ущільненої зони змінюється величина модуля деформації ґрунту. Цей факт можна враховувати при визначенні додаткових осідань основи при реконструкції. Для цього ґрунтову основу під подошвою фундаментів розглядають як двошарову системи, в межах кожного шару якого ґрунт є ізотропним. Таке уточнення зменшує величину додаткових осідань будівель до 40 %.

Властивості ґрунтів під тиском у першу чергу характеризуються збільшенням щільності  $\rho$  ( $\text{г/см}^3$ ). При дії тривалого обтиснення ( $p/R \geq 0,65$ ) від споруди ущільнена зона в замкнених лесових основах становить 0,35 – 0,5 м. На рис. 3 можна прослідкувати за тим, як модуль деформації змінюється з глибиною. З наближенням до подошви фундаменту величина модуля деформації ґрунту зростає порівняно з природним значенням.

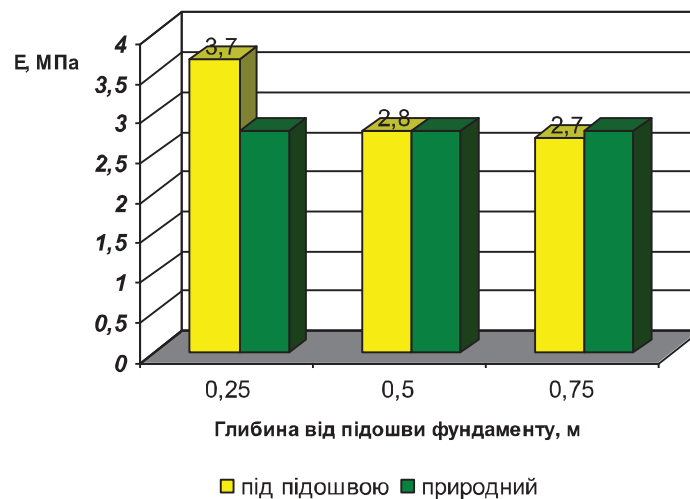


Рисунок 3 – Зміна модуля деформації ґрунту за глибиною масиву під подошвою фундаменту

У межах ущільненої зони під подошвою фундаменту щільність сухого ґрунту  $\rho_d$  підвищується до 6 %, значення питомого зчеплення  $c$  – на 18%, а модуль деформації  $E$  – на 19%. Значення кута внутрішнього тертя  $\phi$  залишається постійним або збільшується на 1 – 2°.

Аналізуючи вищесказане, можна стверджувати, що в процесі тривалого обтиснення ґрунтів виникають зони, параметри яких залежать від виду ґрунту, величини тиску на основу, характеру зміни тиску під час експлуатації будівлі та вологості основи, початкової щільності ґрунту тощо.

Тривалість самоущільнення насипного глинистого ґрунту залежно від складу коливається від 2 – 5 років (однорідний ґрунт) до 10 – 15 років (неоднорідні відвали). Врахування цього ефекту для фундаментів будівель доцільно здійснювати за міркувань, що між зворотною засипкою та бічною поверхнею фундаменту без розширення можуть виникати певні сили тертя. У разі проведення реконструкції будівель і споруд після зазначеного терміну можна до несучої здатності додати й частину несучої здатності насипного самоущільненого ґрунту зворотної засипки, який контактує з бічною поверхнею фундаментів.

Змінність геометричних параметрів фундаментів було досліджено при проведенні реконструкції будівлі в м. Полтаві по всій довжині будівлі. Всього нами було отримано по 118 значень глибини закладання  $d$  і ширини їх подошви  $b$  (інтервал між дослідними точками становив у середньому 470 мм). Фундаменти – з вийманням ґрунту, стрічкові, бутові. Середня глибина закладання подошви фундаментів  $d=1,80$  м, а їх ширина  $b=0,65$  м.

У результаті статистичного аналізу змінності випадкових величин, а саме:  $b$  та  $d$ , було отримано таке. Величини математичного очікування глибини закладання та ширини підшви фундаменту відповідно склали  $\bar{d}=180$  см і  $\bar{b}=64,8$  см; середньоквадратичні відхилення  $\hat{d}=4,9$  та  $\hat{b}=7,6$ ; коефіцієнт варіації  $v=0,03$  та  $v=0,12$ . Результати представлено у вигляді графіків експериментального полігона  $f_i^*$  та нормальний розподіл випадкових величин для  $b$  та  $d$  на рис. 4 та 5.

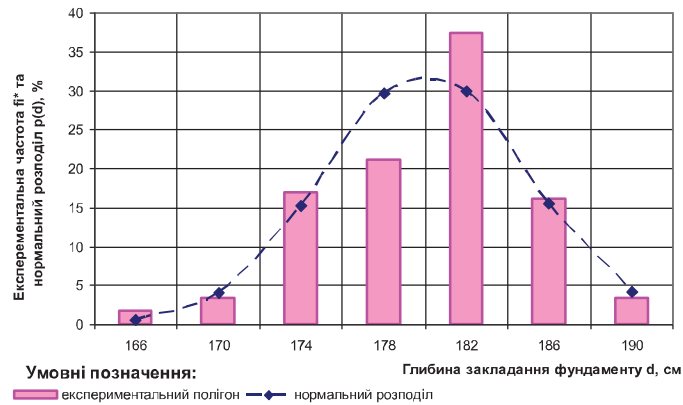


Рисунок 4 – Експериментальна частота та нормальний розподіл глибини закладання фундаменту  $d$

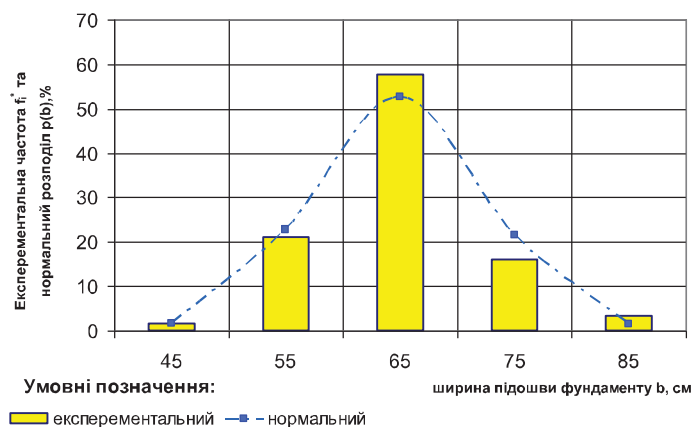


Рисунок 5 – Експериментальна частота та нормальний розподіл ширини підшви фундаменту  $b$

Отже, шляхом натурних замірів геометричних розмірів фундаментів будівлі та подальшої статистичної обробки даних встановлено правомірність застосування закону нормального розподілу випадкових величин до параметрів фундаментів.

Під час реконструкції можуть змінюватись і параметри будівлі при надбудові чи прибудові, що також впливає на неоднорідність основи та несучу здатність споруди. Наприклад, після проведення надбудови об'єктів значення коефіцієнта умов роботи  $\gamma_{c2}$  збільшується на 2 – 6 % за рахунок зменшення відношення довжини будівель до їх висоти  $L/H$ , тим самим збільшуючи розрахунковий опір основи на таку ж величину.

**Висновки.** Отже, до чинників неоднорідності основ і фундаментів можна віднести: природну та наведену анізотропію ґрунтової основи; зміну показників деформативності ґрунту з глибиною ущільненої зони при тривалому обтисненні основи; змінність властивостей основи в межах будівлі в кожному шарі ґрунту як ВВ; наявність зони