

УДК 624.131.543:517.9

Ігнатенко Д.Ю., здобувач каф. «Транспортна інфраструктура»,
*Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна, м.Дніпро, Україна*

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ ПАЛЬОВИХ ПІДПІРНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ СХИЛАХ

Сучасні методи розрахунку і комп'ютерного моделювання процесів зсувоутворення у поєднанні з передовими розробками у сфері технології будівництва дають можливість проведення спеціальних заходів щодо укріплення зсувонебезпечних схилів, чисельність яких за останні десятиліття стрімко зростає в умовах щільної міської забудови. У зв'язку з цим виникає необхідність виконання наукового дослідження механіки зсувних процесів, основною метою якого є пошук оптимальних параметрів підірних конструкцій з ґрунтоцементних паль у контексті даної роботи. Актуальність цього дослідження в рамках нашого міста можна оцінити, розглянувши географічну карту місцевості правобережної частини Дніпра. Досить значну площу, майже 14% займають балки, середня мінімальна відстань між якими складає менше одного кілометра. Якщо розглядати територію всієї України, то проблема зсувоутворення досить поширена, і підтверджується статистичними даними. Таким чином, дослідження сучасних методів боротьби зі зсувами нині є актуальною темою та науково-практичним завданням.

В наукових роботах відомих науковців доведено вплив природно-кліматичних чинників на виникнення зсувів природного та техногенного походження, досліджено вплив технології виготовлення ґрунтоцементних паль і зміни рівня ґрунтових вод на стійкість ґрунтових схилів, зокрема їх армування. Новизна даної роботи полягає в порівнянні параметрів підірних конструкцій з ґрунтоцементних паль для укріплення зсувонебезпечних схилів, що дає можливість прогнозування геомеханічної стійкості ґрунтових схилів в залежності від можливого розташування кривої поверхні ковзання, а саме: вперше проведено науково-технічне та геомеханічне порівняння параметрів підірних конструкцій з ґрунтоцементних паль з використанням достатньої кількості теоретичних залежностей.

На даний час порядок розрахунку ґрунтоцементних паль у якості підірних конструкцій на зсувонебезпечних схилах не регламентовано жодними державними будівельними нормами України.

В даній роботі великий обсяг дослідження зосереджений саме на розрахунках такої підірної конструкції. В ході роботи було визначено параметри підірної конструкції, за якими наведено обґрунтування, а саме – діаметр, відстань між палями та можливість або необхідність об'єднання паль

ростверком. Із великої кількості існуючих методів укріплення ґрунтів найбільш ефективним можна вважати метод струменевої цементації. Ґрунтоцементні палі є економічно вигідним варіантом укріплення зсувонебезпечного схилу, і вони мають велику кількість переваг для застосування саме на зсувонебезпечних схилах.

Метою роботи є обґрунтування параметрів ґрунтоцементної пальової підпірної конструкції на основі встановлення закономірностей зміни стійкості зсувонебезпечного шаруватого схилу, а також визначення раціональних параметрів цієї конструкції шляхом вирішення контактної задачі взаємодії ґрунтового масиву та підпірних елементів.

В рамках дисертаційної роботи були також проведені аналітичні та експериментальні дослідження стійкості моделей шаруватого зсувонебезпечного схилу. Для підвищення точності дослідження було використано 8 аналітичних методів розрахунку коефіцієнта стійкості зсувонебезпечного схилу, та визначено за яким методом коефіцієнт стійкості буде найменшим.

Дослідження стійкості природних схилів проводилось у різних програмних комплексах, таких як «ЛІРА-САПР», «Autodesk Inventor» та «ОТКОС», шляхом математичного та скінченно-елементного моделювання. Також були виконані розрахунки стійкості за класичним методом круглоциліндричної поверхні ковзання, що дозволило визначити найбільш раціональне місцезорозташування ґрунтоцементних паль на прикладі зсувонебезпечної ділянки схилу балки Довгий байрак, та визначити навантаження, які сприймає підпірна конструкція для подальшого обґрунтування її параметрів.

За допомогою програми «ОТКОС» визначено, що в даному випадку найменший коефіцієнт стійкості схилу – 1,147 – за методом Лоува і Карафайта (рис. 1). Такий коефіцієнт стійкості свідчить про те, що схил перебуває майже на межі рівноваги і його необхідно підсилювати. Розрахунок підпірної конструкції з ґрунтоцементних паль зводиться до визначення згинального моменту, що діє на одну палю.

В роботі також було проведено відцентрове моделювання цього схилу у масштабі 1:100. В основі відцентрового моделювання покладено критерій подібності. Тобто, зі зменшенням масштабу моделі – збільшується навантаження завдяки прискоренню, що діє на модель.

Після обертання на центрифусі за визначеними розрахунковими параметрами відбувається моделювання ситуації зсуву з утворенням характерних ознак – відривних тріщин розколювання на поверхні ґрунту. Ця експериментальна частина дослідження дає змогу з'ясувати яким саме найбільш вірогідним чином станеться зсув. Другий етап відцентрового моделювання – влаштування ґрунтоцементних паль в моделі з дотриманням масштабу та фізичних характеристик матеріалів, і також обертання на центрифусі, після обертання – виконано обстеження моделі, і у порівнянні з

моделлю без ґрунтоцементних паль, руйнування моделі та утворення зсуву не відбулося.

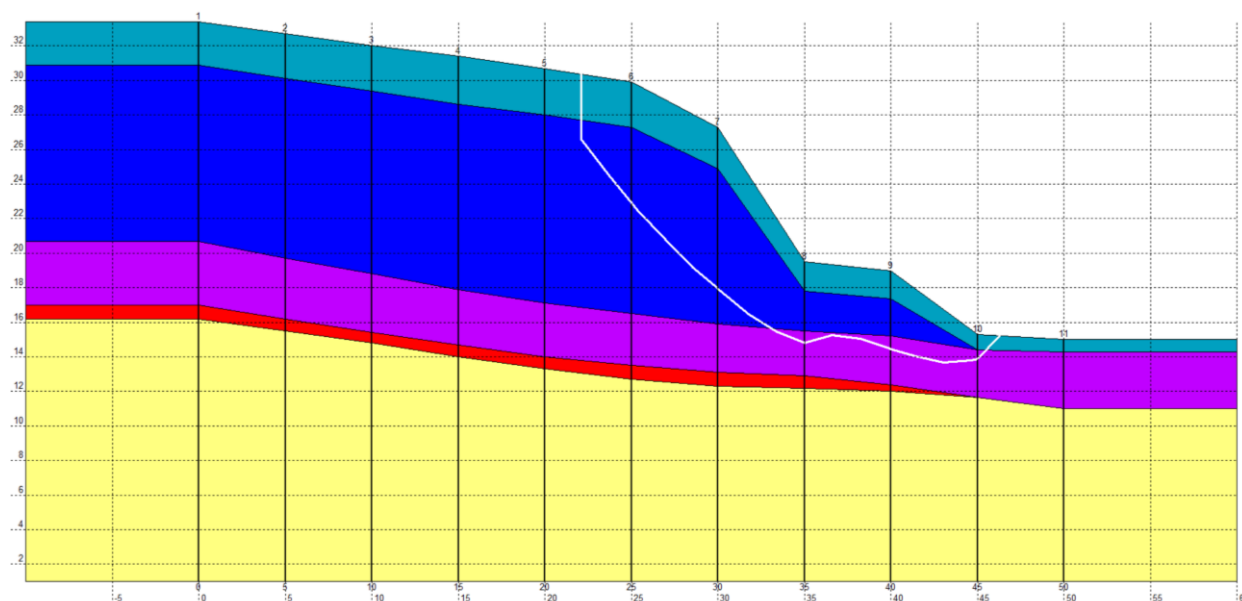


Рис. 1. Результати розрахунку стійкості схилу за методом Лоува і

Карафайта,

$$K = 1,147$$

Конструктивна схема протизсувної пальової підпірної конструкції представлена у вигляді семи вертикальних паль, що об'єднуються ростверком. У даному випадку розглядалося 4 варіанти конструкції – вертикальні та похилі палі, палі, що об'єднуються ростверком, та палі, що не об'єднані ростверком.

Також отримано результати скінченно-елементного моделювання вертикальних і похилих паль, що об'єднуються бетонним ростверком – ізополіа переміщень та коефіцієнтів запасу міцності.

Як результат порівняльних розрахунків, виявлено ряд залежностей між максимальними напруженнями, зміщеннями та мінімальними коефіцієнтами запасу міцності ґрунтоцементних паль від відстані між палями (рис. 2-4). Проаналізувавши дані залежності, можна зробити висновок, що найбільш ефективною схемою підпірної конструкції на зсувонебезпечному схилі є ґрунтоцементні палі діаметром 1,2 м, відстань між якими складає 0,7 м і які об'єднуються бетонним ростверком.

Особливістю ефективною роботи підпірної конструкції з ґрунтоцементних паль є спосіб їх розташування у тілі схилу – під кутом 90 градусів до нормалі поверхні ковзання тіла зсуву, при цьому об'єднання паль бетонним ростверком підвищує коефіцієнт запасу їх міцності, що збільшується в 2,16 рази порівняно з вертикальними – у 1,69 разів.

Таким чином, параметри підпірної конструкції, які за допомогою розрахунків були обґрунтовані в роботі: діаметр паль, відстань між палями, а

також необхідність наявності бетонного ростверку, що об'єднує палі в єдину конструкцію.

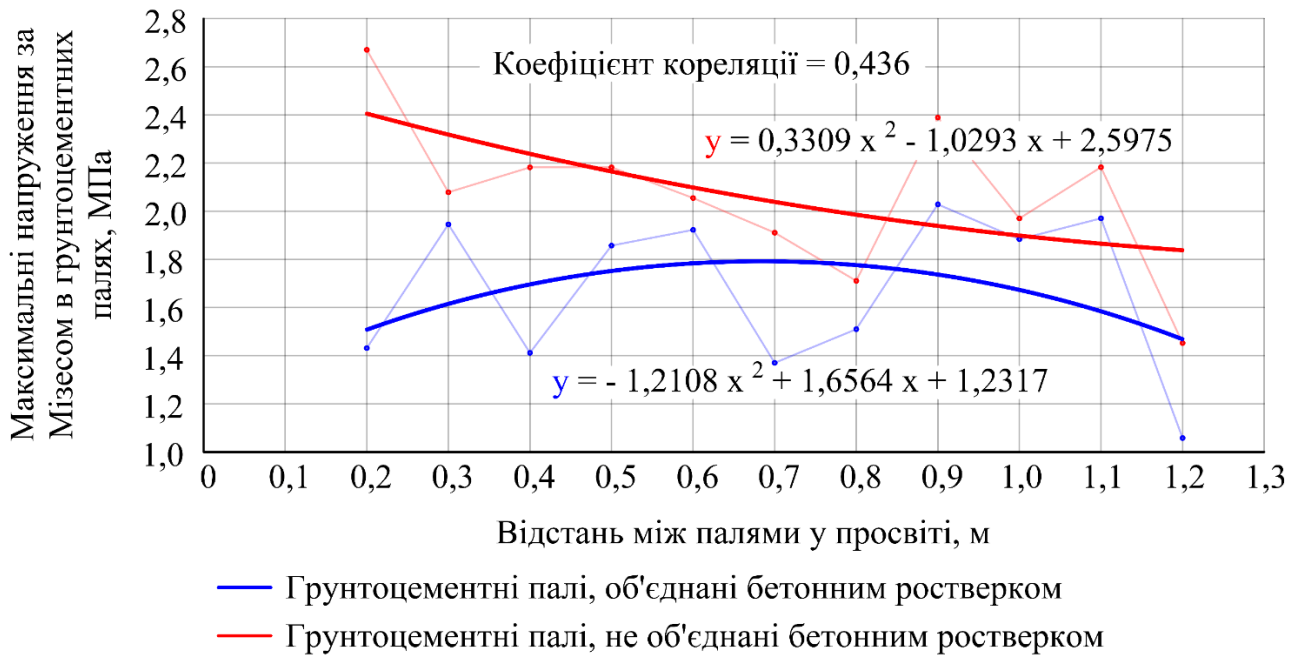


Рис. 2. Залежність максимальних напружень за Мізесом в ґрунтоцементних палях від відстані між палями у просвіті (діаметр ґрунтоцементних палей 1,2 м)

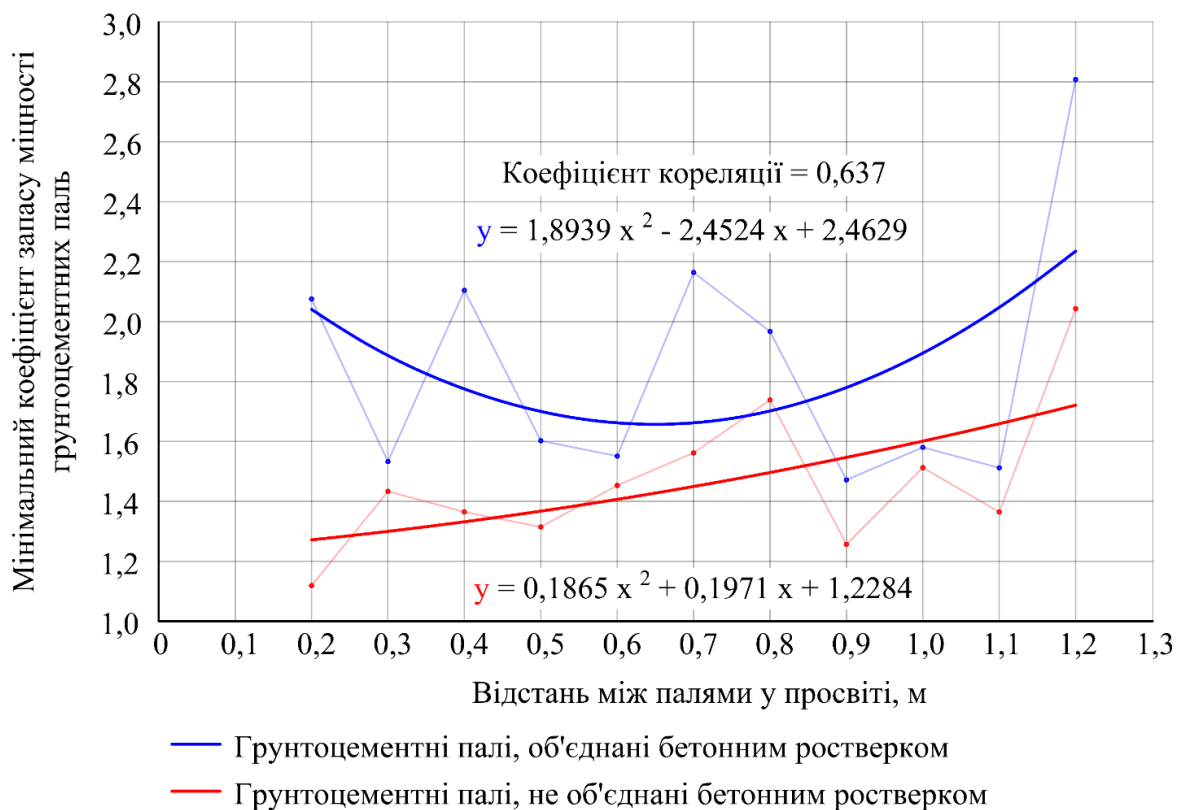


Рис. 3. Залежність мінімального коефіцієнта запасу міцності ґрунтоцементних палей від відстані між палями у просвіті (діаметр ґрунтоцементних палей 1,2 м)

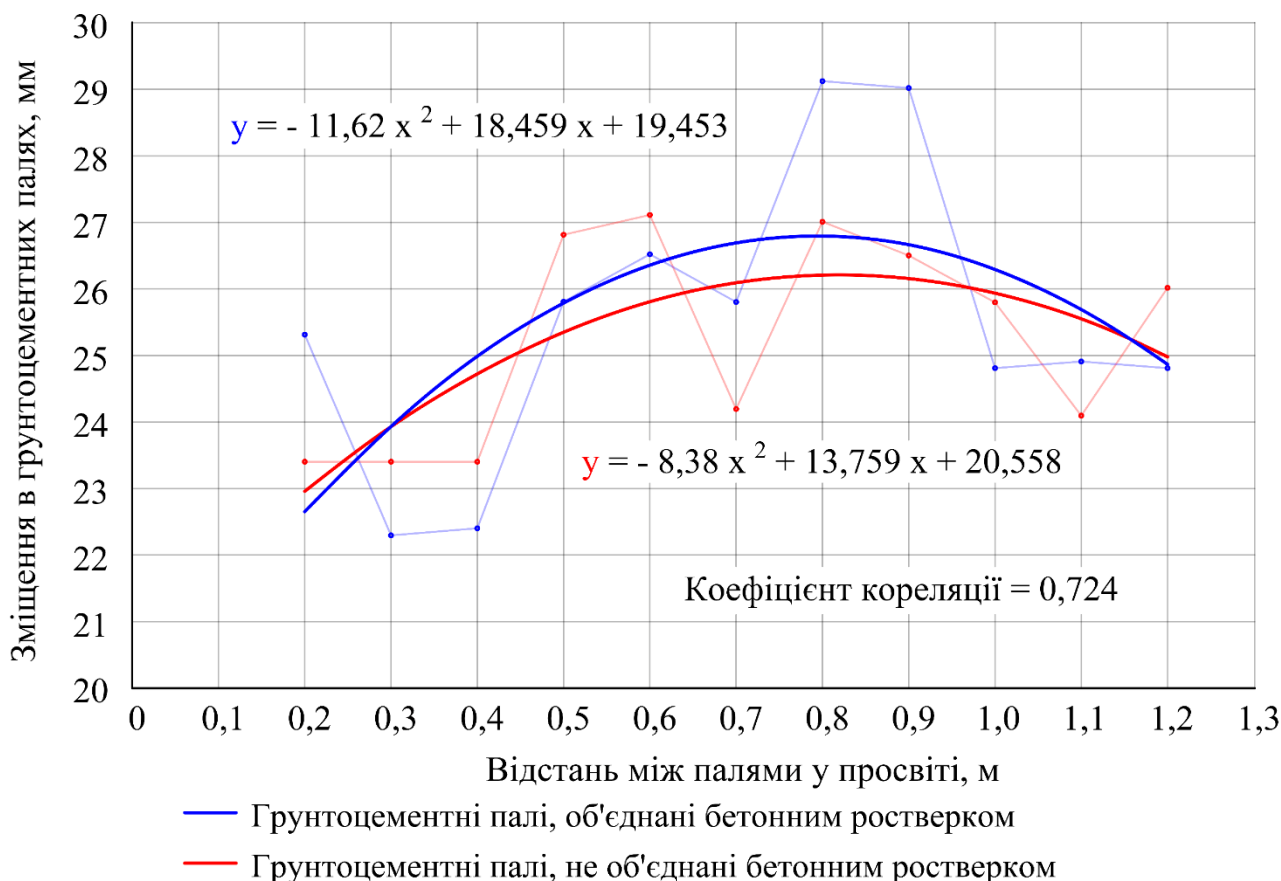


Рис. 4. Залежність зміщень в ґрунтоцементних палях від відстані між палями у просвіті (діаметр ґрунтоцементних паль 1,2 м)

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано ефективність способу підвищення стійкості зсувонебезпечного схилу, що полягає у використанні ґрунтоцементної пальової підпірної конструкції.

2. Визначено форму кривої поверхні ковзання, що призводить до потенційної втрати стійкості ґрунтового схилу балки. Розроблено схему підсилення схилу за допомогою ґрунтоцементних паль, параметри яких обґрунтовано.

3. Встановлено, що найбільш ефективною схемою підпірної конструкції на зсувонебезпечному схилі є ґрунтоцементні палі діаметром 1,2 м, відстань між якими складає 0,7 м і які об'єднуються бетонним ростверком.

4. Отримано нові залежності щодо параметрів міцності та стійкості вказаної конструкції для укріплення зсувонебезпечного шаруватого схилу, складеного суглинистими ґрунтами.