

**ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
ПРИ ЗАКРІПЛЕННІ ҐРУНТОВИХ ОСНОВ БУДІВЕЛЬ МЕТОДОМ
ІН'ЄКЦІЇ РОЗЧИНІВ**

**EXPERIENCE IN USING MATHEMATICAL MODELING TO
STRENGTHEN THE SOIL FOUNDATIONS OF BUILDINGS BY
INJECTING SOLUTIONS**

*д-р техн. наук Г.Л. Ватуля¹, канд. техн. наук О.В. Лобяк¹,
канд. техн. наук М.В. Павлюченко¹, канд. техн. наук Д.Г. Петренко¹,
д-р техн. наук О.П. Воскобійник²*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Міністерство розвитку громад та територій України (м. Київ)

*G.L. Vatulia¹, Dr.Sc. (Tech.), O.V. Lobiak¹, PhD. (Tech.), M.V. Pavliuchenkov¹,
PhD. (Tech.), D.G. Petrenko¹ PhD. (Tech.), O.P. Voskobiinyk², Dr.Sc. (Tech.)*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Ministry of the Development of Communities and Territories of Ukraine (Kyiv)

Дослідження в області математичного моделювання ґрунтових основ будівель і споруд придбали сьогодні особливо актуального значення [1,2]. При первинному проектуванні це пов'язано, як правило, з дедалі більшою складністю нових споруд і збільшенням навантажень на фундаменти. Для експлуатованих будівель і споруд зростає необхідність прийняття технічних рішень щодо закріплення ґрунтів основ з метою запобігання розвитку деформацій аварійного характеру або захисту основ від небезпечних природних чи техногенних процесів. У даній роботі представлені основні результати комплексної дослідницької роботи по стабілізації крену будівлі, що включає детальне обстеження, моделювання в середовищі програмного комплексу, а також розробку технічних рішень щодо закріплення ґрунтів на підставі аналізу НДС.

Об'єктом дослідження є секція дев'яти поверхового житлового будинку, розташованого у місті Краматорськ Донецької області. Секція являє собою дев'яти поверхову кутову вставку житлового будинку.

За результатами інженерно-геодезичних досліджень станом на 12 лютого 2013 р. крен вставки склав 0.0027 (абсолютне векторне відхилення верхівки будинку склало 80 мм). За результатами визначення крену споруди на останній час встановлено, що максимальне векторне значення відхилення становить 161 мм, що перевищує граничне значення (148.5 мм).

За результатами інженерно-геологічних вишукувань встановлено, що ґрунти основи фундаментів складені з суглинків бурих, коричнево-бурих, з включенням карбонатів, твердої консистенції, в водонасиченому стані – тугопластичних. Ґрунтові води на момент буріння свердловин до глибини 16.0 м не зустрінуті.

Методика розрахунку реалізується засобами програмного комплексу «LIRA-sar» (Україна), заснованого на технології інформаційного моделювання споруд (BIM) і методі скінченних елементів (МСЕ) [3]. Розрахункову модель складено за

допомогою СЕ оболонки (рис. 1,а). Для фундаментної плити застосовувалися універсальні СЕ з урахуванням параметрів пружної основи, які визначаються відповідно до тривимірної моделі ґрунту. По всій області фундаментів визначаються коефіцієнти постелі C_1, C_2 .

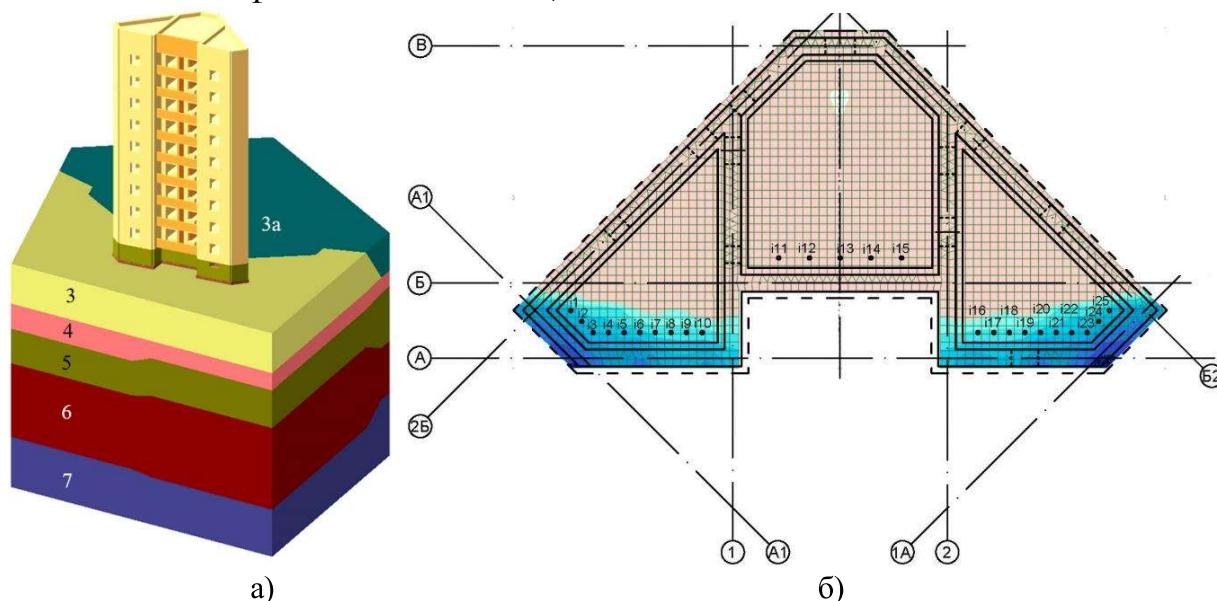


Рис.1. Скінченно-елементна модель (а), ізополя тиску на ґрунт від граничної та тривалої комбінації навантажень (б)

За результатами розрахунків будівлі тиск на ґрунт під частиною фундаментної плити (16% усієї поверхні) перевищує розрахунковий опір ґрунтів при стиску (240 кПа). Максимальні (крайові) значення напружень у ґрунтах становлять 262 кПа, показник міцності – 0.92. З урахуванням крену будівлі, незначно знижується коефіцієнт запасу несучої здатності цегляних стін (до 1.44). Також розрахунками отримано ізополя тиску на ґрунт від граничної та тривалої комбінації навантажень, які слугували настановою при виборі технічного рішення по закріпленню ґрунтів основи (рис. 1,б).

З метою ліквідації просадочних властивостей ґрунтів і підвищення несучої здатності основи розроблено технічне рішення по закріпленню ґрунтів ІГЕЗ і ІГЕ4 по краях фундаментної плити на плані вставки зі сторони заднього фасаду. Для виконання робіт по закріпленню призначено нагнітання розчину в масив ґрунту під тиском до 25 атм для армування масиву жорсткими тілами цементної композиції і поліпшення фізико-механічних характеристик ґрунтів за рахунок ущільнення. Після виконання робіт в основі фундаментів повинні бути створені армовані несучі масиви, які будуть являти собою природно-техногенний композит з високим ступенем жорсткості і хаотичною структурою, в якому в якості матриці виступає ущільнений ґрунт, а в якості жорстких включень – затверділий цементно-піщаний розчин. Потрібний коефіцієнт зміцнення – 1.4. Рекомендований розрахунковий опір ґрунтів основи після закріплення – 336 кПа.

[1] Игошева Л.А., Гришина А.С. Обзор основных методов укрепления грунтов основания. Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура Т. 7, № 2 (2016) С. 5-21.

[2] S V Panchenko, G L Vatulia, O V Lobiak, M V Pavliuchenkov, O S Herasymenko and S M Bohdan. Soil stabilization with modern TM MAPEI materials in reconstruction of buildings and structures. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2019. Volume 708. 012066

[3] Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. Computer models of structures. Kiev: Fact. 2007 – 394 p.