

ВИКОРИСТАННЯ ПАЛЬОВО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТУ З КОРОТКИХ ПАЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконаний аналіз особливостей роботи пальово-плитного фундаменту з коротких палей (довжина палей менша за габарити ростверку), розглянуті підходи до проектування таких фундаментів. На прикладі проектування фундаменту під конкретний реальний об'єкт доведена ефективність розгляду таких фундаментів як єдиного ґрунто-пального масиву (пальнової основи), навантаження на який визначається властивостями ґрунту нижче нижніх кінців палей і деформаціями всього ґрунто-пального масиву в цілому.

Ключові слова: пальова основа, пальово-плитний фундамент, перерозподіл навантажень, жорсткість.

Annotation

An analysis of the peculiarities of the work of the pile-slab foundation with short piles (length of piles is less than dimensions of grillage) is carried out, approaches to the design of such foundations are considered. On the example of the design of the foundation for a concrete real object, proven the efficiency of considering such foundations as a single ground-pile solid (pile foundation), the load on which is determined by the properties of the soil below the lower ends of the piles and deformations of the entire soil-pile massif in general.

Keywords: pile foundation, pile-plate foundation, redistribution of loads, stiffness.

Вступ

За положеннями існуючих нормативних документів [1] проектування пального фундаменту передбачає визначення допустимого навантаження на палю і визначення кількості палей з умови неперевикнення цього допустимого навантаження на палю. При цьому потрібне формальне задоволення умови неперевикнення граничних значень осідань при використанні моделі лінійно-деформованого середовища з обмеженням тиску в рівні нижніх кінців палей величиною розрахункового опору ґрунту R , яке для пальово-плитного фундаменту практично завжди виконується.

В зв'язку з цим при нормативному підході до проектування палих фундаментів для виконання умови неперевикнення допустимого навантаження на палю збільшують їх кількість, що призводить до «перенасичення» палями умовного фундаменту при незмінному осіданні будівлі і, як наслідок, до завищення капітальних вкладень у роботи нульового циклу. Ствердження про незмінне осідання при збільшенні кількості палей при інших рівних умовах підтверджене численними експериментальними дослідженнями [2].

Для оптимізації проектних рішень пальово-плитних фундаментів з'являються нові методики, які пропонують врахування роботи з ґрунтом плити ростверку [3, 4] або розгляд умовного фундаменту як єдиного пальово-плитного масиву [2].

Результати дослідження

При розгляді роботи пальово-плитних фундаментів пропонується принцип поділу фундаментів висотних будинків на пальову основу та палий фундамент [3], які визначаються габаритами палей і ростверку, що зумовлює характер деформацій основи. Так, у випадку пальнової основи (довжина палей менша за габарити плити ростверку) через палі передається близько 55 % зовнішнього навантаження, а у випадку пального фундаменту (довжина палей перевищує габарити плити ростверку) – близько 85 %. Осідання фундаментної плити в пальному фундаменті менше на 30 %. Така різниця НДС фундаментних конструкцій вимагає окремого підходу до проектування наведених типів фундаментів.

Різниця в роботі палих фундаментів з короткими (розміри палей сумірні з розмірами ростверків в плані) та довгими палями відзначена у власних дослідженнях авторів [5] на маломасштабних

моделях пальових груп. При збільшенні навантаження на фундамент з короткими палями спочатку зусилля в палях збільшуються інтенсивно, а потім цей процес уповільнюється. Подальше зростання навантаження на куц здійснюється за рахунок роботи ростверку та ущільненого ґрунту під фундаментом. Такі пальові фундаменти краще розглядати як єдиний ґрунто-пальовий масив. Для довгих паль характерне інтенсивне втягування паль у роботу, частка ростверку при цьому зменшується.

У роботі [2] рекомендується підхід, при якому відстань між палями у ґрунто-пальовому масиві не повинна перевищувати величини

$$a = 2L \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} + d,$$

де L – довжина палі; φ – кут внутрішнього тертя ґрунту навколо палі; d – сторона або діаметр палі.

При цьому забезпечується рівномірне розподілення навантаження в рівні підшви умовного фундаменту, а величина «а» є оптимальним кроком паль. Потрібна кількість паль при розмірах плити ростверку $b \times l$ складає

$$n = \frac{b \cdot l}{a^2} + \frac{l}{a}.$$

Палю пропонується розглядати не як окремий елемент з певною несучою здатністю по ґрунту, а як елемент системи, що забезпечує передачу навантаження на підшви умовного фундаменту з забезпеченням умови $p < R$ для можливості прийняття ґрунтової основи у вигляді лінійно-деформованого середовища. При зменшенні кількості паль внаслідок такого підходу повинна бути забезпечена несуча здатність паль по матеріалу ствола.

В випадку пальово-плитного фундаменту з коротких паль такий підхід може дати можливість прийняти ефективне рішення з забезпеченням надійної роботи.

Проектування пальово-плитного фундаменту як суцільного ґрунто-пальового масиву було виконане для 105-квартирного житлового будинку з вбудованими офісними приміщеннями по вул. Лобановського в с. Чайки Києво-Святошинського району Київської області. Будинок 16-поверховий монолітно-каркасної конструкції з підвалом.

За даними інженерно-геологічних вишукувань на майданчику будівництва з поверхні залягають верхньочетвертинні та сучасні еолово-делювіальні відклади (vd_{III-IV}), які представлені супісками лесовими твердими та пластичними, що володіють просадковими властивостями. Потужність цих ґрунтів до 4,0 м, що не дозволяє влаштувати фундаментну плиту на природній основі.

На глибині 7,0-8,0 м від поверхні залягають дрібні піски інженерно-геологічного елементу №5 у щільному стані, що можуть слугувати надійною основою для паль, але враховуючи вертикальну посадку будинку і наявність підвалу можлива довжина паль складає 6-7 м, оскільки при використанні паль більшої довжини виникали б суттєві технологічні складнощі із зануренням паль у щільні піски. Як альтернативний міг би розглядатись варіант з буровими палями, але досвід проектування доводить, що цей варіант був би дорожчим.

Отже, було прийняте рішення про використання коротких паль довжиною 6 м. Положення пальового фундаменту в ґрунті наведено на рис. 1. Оскільки габарити плити ростверку 28x28 м, що набагато більше, ніж довжина паль, то даний фундамент буде працювати як єдиний ґрунто-пальовий масив, або пальова основа.

Допустиме навантаження на палю за результатами розрахунку складає $N = 430$ кН. Загальне граничне значення навантаження від будинку $N_m = 207949$ кН.

Якщо прийняти прийняте у практиці проектування припущення про сприйняття плитою ростверку 15% навантаження, то тиск під підшвою плити ростверку, який мають сприйняти палі

$$p_m = \frac{207949 \cdot 0,85}{28^2} = 225,5 (\text{кПа}).$$

При нормативному підході неперевищення допустимого навантаження на палю і рівномірному розміщенні паль у ростверку потрібна відстань між палями складає

$$a = \sqrt{\frac{430}{225,5}} = 1,37 (\text{м}).$$

Прийнявши відстань між палями $a = 1,3$ м, одержимо потрібну кількість паль за вимогами норм [1]

$$n = \frac{b \cdot l}{a^2} + \frac{l}{a} = \frac{28 \cdot 28}{1,3^2} + \frac{28}{1,3} = 486 (\text{шт}).$$

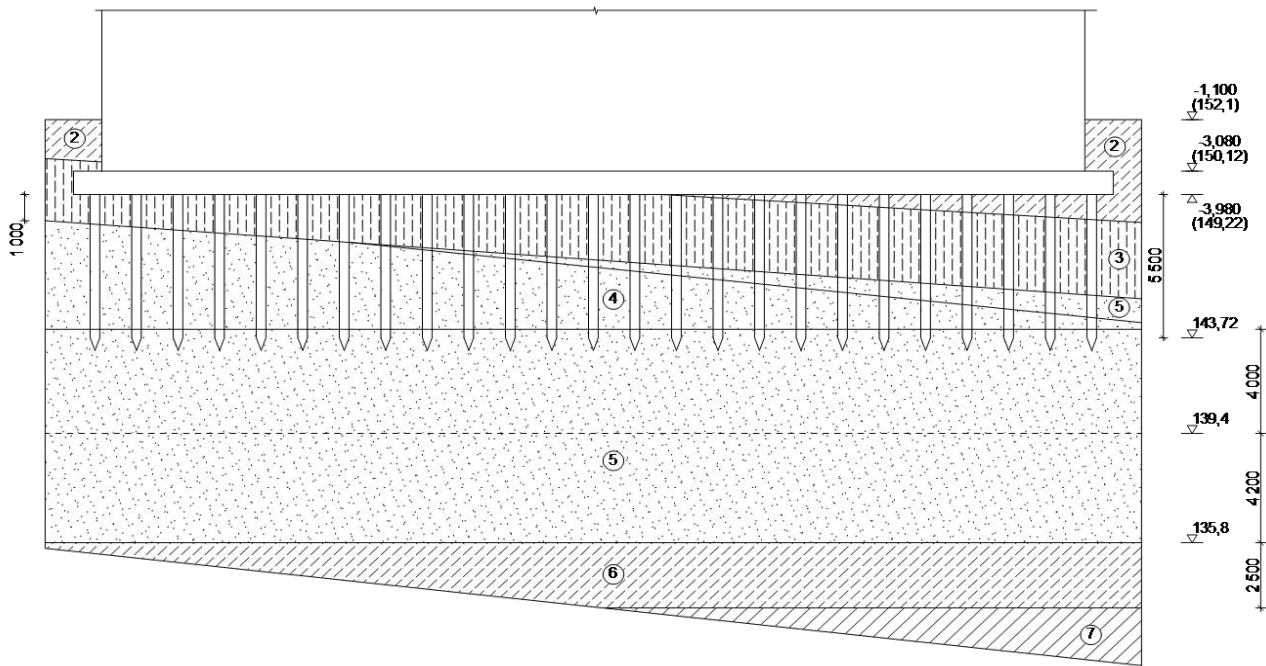


Рис. 1 - Геологічний розріз і положення фундаменту у ґрунті

Тиск під подошвою умовного фундаменту склав $p = 376,5$ кПа, розрахунковий опір ґрунту основи умовного фундаменту $R = 5470$ кПа, що набагато перевищує діючий тиск. Осідання, визначене за методом шарового підсумовання $s = 15$ см, що не перевищує граничного значення для заданого типу будинків. Переріз паль з умови забезпечення міцності матеріалу ствола у місцях концентрації навантажень внаслідок їх перерозподілу був прийняти 35x35 см.

Якщо розглянути підхід до проектування пальово-плитного фундаменту як суцільного ґрунто-пального масиву, то відстань між палями у ґрунто-пальному масиві не повинна перевищувати величини

$$a = 2L \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} + d = 2 \cdot 5,5 \cdot \operatorname{tg} \frac{25}{4} + 0,35 = 1,57(\text{м}).$$

Приймаємо крок паль $a = 1,5$ м. В цьому випадку потрібна кількість паль

$$n = \frac{b \cdot l}{a^2} + \frac{l}{a} = \frac{28 \cdot 28}{1,5^2} + \frac{28}{1,5} = 367(\text{шт}).$$

Величина осідання при цьому залишається незмінною, а навантаження на палю не перевищує її несучої здатності по матеріалу ствола.

Оскільки всередині будинку розміщений жорсткий сходово-ліфтовий блок з концентрованим навантаженням, то в межах цього блоку крок паль не був збільшений. Розміщення паль в плані наведено на рис. 2. Загальна кількість паль склала $n = 450$ шт.

В роботі поставлена задача за допомогою ПК ЛІРА-САПР виконати моделювання напружено-деформованого стану системи, враховуючи роботу ґрунто-пального масиву на піддатливій основі.

Для моделювання ґрунто-пальнової основи були використані нові можливості системи ГРУНТ, яка передбачає для пальової основи систему трьох коефіцієнтів жорсткості: для подошви ростверку, для бічної поверхні паль і для нижнього кінця паль (рис. 3).

Побудована просторова модель будинку показана на рис. 4. Результати розрахунків дозволили проаналізувати напружено-деформований стан елементів будинку і плити ростверку. Осідання не перевищують граничних значень.

Розподіл напружень по подошві ростверку дає змогу оцінити навантаження на палі, які виникають внаслідок впливу жорсткості будинку та піддатливості основи. Цей розподіл наведений на рис. 5. Як очікуваний фактор, виникає концентрація напружень у периферійних палях, але навантаження на палі не перевищує їх несучої здатності по матеріалу ствола.

Отже, запропонований варіант улаштування паль може бути прийнятий. У порівнянні з варіантом, розробленим за рекомендаціями норм, економія на зменшенні кількості паль складає 7%.

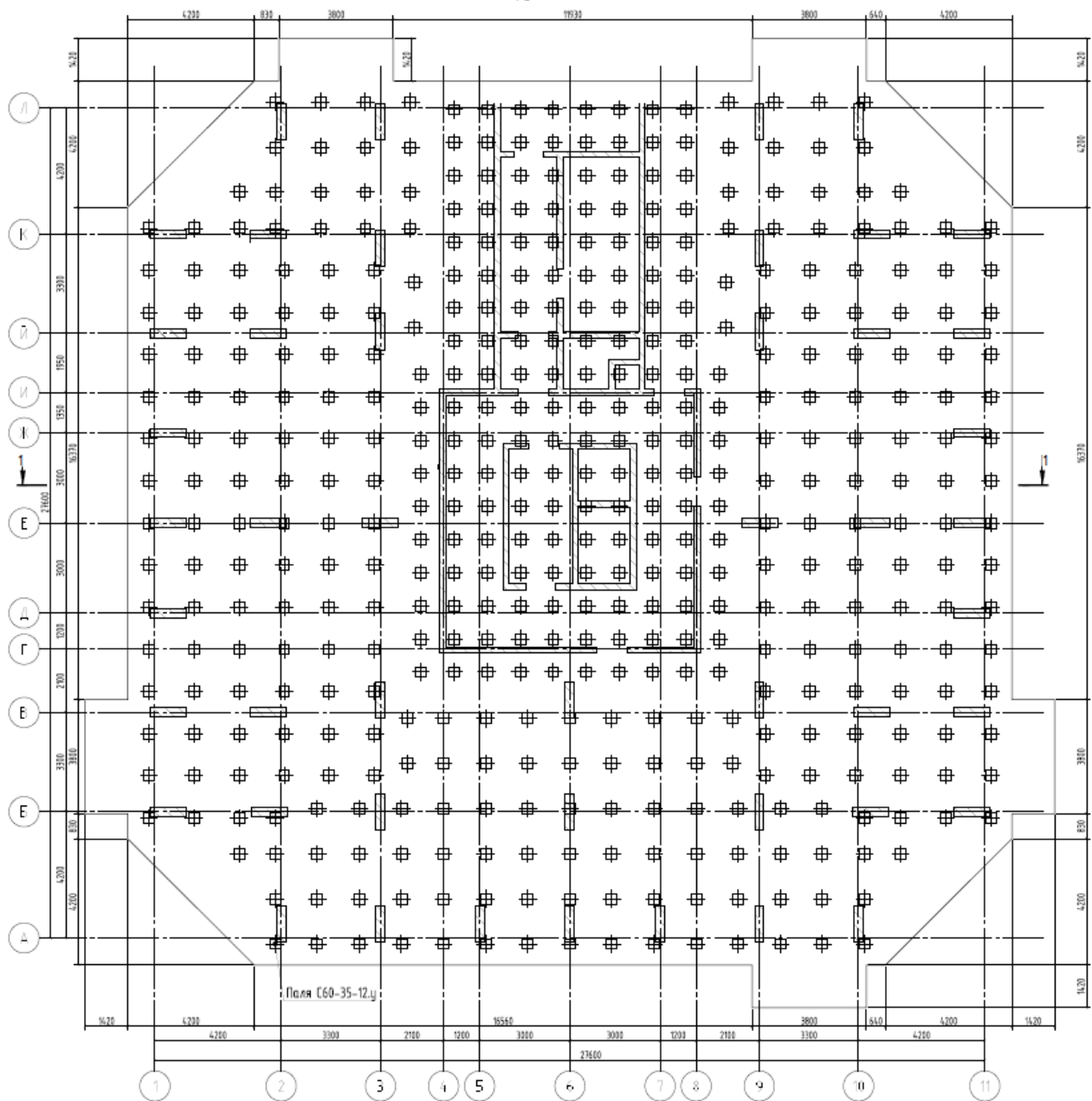


Рис. 2 – Розміщення палів в плані і габарити плити ростверку

Импортированные нагрузки

Группа нагрузок: 1 Существующее здание [м, кН/м²]

Точки привязки		Абсолютная отметка	
0.77	X1 0.77	0.00	Z 148.20
25.86	Y1 25.86		
25.92	X2 25.92		
25.47	Y2 25.47		

Свайный фундамент

Tr 1	Acp 5	K1 0
L 20	Eс 2.942e+	K2 0
D 1	n 10	K3 1
B 0.5	H 0.5	Lv 10

$K1 + K2 + K3 = 1$

K1 - доля нагрузки, передаваемая на грунт на уровне подошвы фундаментной плиты

K2 - доля нагрузки, передаваемая на грунт трением по боковым поверхностям свай

K3 - доля нагрузки от опирания свай на грунт, передаваемая на уровне L

Рис.3 – Задання навантажень на паліву основу

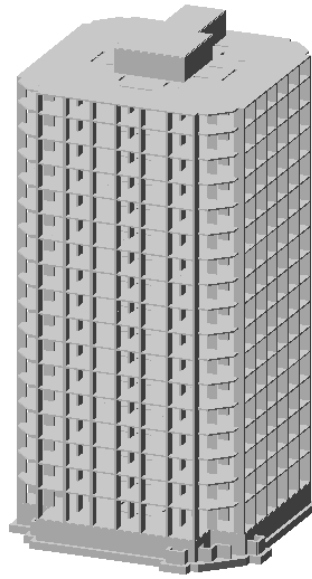


Рис. 4 – Просторова модель будинку

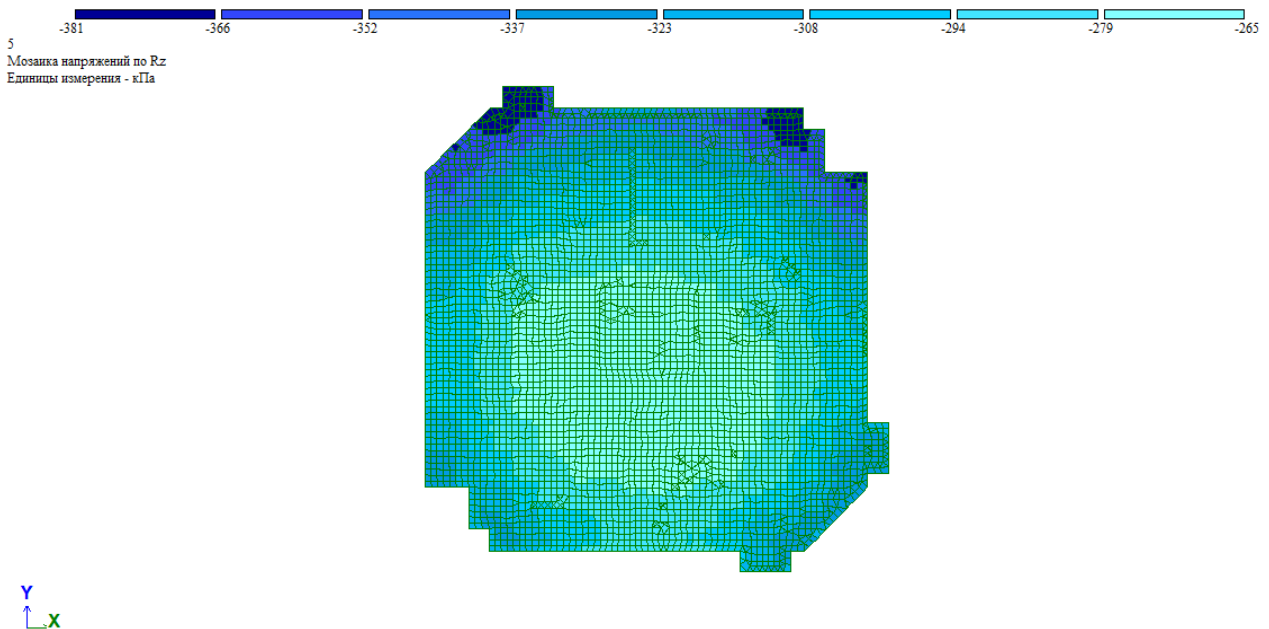


Рис. 5 – Розподіл контактних напружень по підшві ростверку

Висновки

1. Пальново-плитні фундаменти з коротких паль (довжина паль менша за половину розміру підшви ростверку) потрібно розглядати як єдиний ґрунто-пальовий масив.
2. Палі ґрунто-пального масиву пропонується розглядати не як окремий елемент з певною несучою здатністю по ґрунту, а як елемент системи, що забезпечує передачу навантаження на підшви умовного фундаменту з забезпеченням умови $p < R$ для можливості прийняття ґрунтової основи у вигляді лінійно-деформованого середовища, при цьому навантаження на палю може дещо перевищувати її допустиме навантаження по ґрунту із забезпеченням міцності по матеріалу ствола.
3. Підбір кількості паль за запропонованим підходом дозволяє зменшити кількість від 5 до 25 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування: ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинні від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011 – 55 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Самородов А.В. Проектирование эффективных комбинированных свайных и плитных фундаментов многоэтажных зданий: Монография/ А.В. Самородов.- Харьков: «Типография Мадрид», 2017. – 204 с.
3. Бойко І. П. Дослідження влаштування паль у фундаменті різної довжини. / І. П. Бойко, В.Л. Підлуцький // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво), вип.4 (34), ПолтНТУ, 2012, с.42-48.
4. Підлуцький В.Л. Взаємодія фундаментної плити з палями різної довжини з ґрунтовою багатшаровою основою. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Підлуцький В.Л. Київ, 2013.
5. Малишев О.М. Сумісна робота паль і ростверку у стовпчастому пальовому фундаменті/ О.М. Малишев, С.О. Цимбал, І.В. Маєвська, Н.В. Блашук // Тези регіональної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців ВНТУ, м. Вінниця, ВНТУ, 2017 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2018/paper/viewFile/3694/3103>

Ірина Вікторівна Маєвська — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. irina.mayevskaja@gmail.com.

Irina V. Majewska - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa.

Володимир Олексійович Попов — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Volodymyr O. Popov- candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa.