

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

# НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

науково-технічний журнал



№ 47/2025



Трансформація міського середовища у напрямі безбар'єрності с. 11

---

Framed stay-in-place formwork: efficiency and implementation с. 26

---

Design of the structure and motion control system of a stationary robot manipulator for construction work с. 37



Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 2604 від 29.08.2024 року. Ідентифікатор медіа: R30-04499

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького» (просп. Лобановського, буд. 51, м. Київ, 03110, e-mail: ndibv\_post@ukr.net, Ruthen64@ukr.net).

Внесено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі технічних наук зі спеціальностей G17 «Архітектура та містобудування», G19 «Будівництво та цивільна інженерія» на підставі Наказу МОН України від 17.03.2020 р. № 409 та С1 «Економіка», D3 «Менеджмент», D6 «Секретарська та офісна справа» на підставі Наказу МОН України від 02.07.2020 р. № 886.

Науково-технічний журнал заснований у січні 2001 року.

Видається Науково-дослідним інститутом будівельного виробництва імені В. С. Балицького два рази на рік.

Мови видання: українська, англійська.

Для співробітників науково-дослідних та проектних інститутів, спеціалістів будівельних організацій, викладачів і студентів вищих навчальних закладів.

#### **Редакційна колегія:**

**Григоровський П. Є.**, головний редактор, д.т.н., с.н.с.;

**Басанський В. О.**, заступник головного редактора, к.т.н.;

**Барабаш М. С.**, д.т.н., с.н.с.;

**Беленкова О. Ю.**, к.е.н., доцент;

**Шумаков І. В.**, д.т.н. професор;

**Данченко Ю. М.**, к.т.н., проф.;

**Менейлюк О. І.**, д.т.н., проф.;

**Радкевич А. В.**, д.т.н., проф.;

**Рижакова Г. М.**, д.е.н., проф.;

**Стеценко С. П.**, д.е.н., проф.;

**Тугай О. А.**, д.т.н., проф.;

**Вахович І. В.**, к.е.н.

#### **Зарубіжні члени редколегії:**

**Дзвігол Хенрік**, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща;

**Котовіч Януш**, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща;

**Кузьор Олександра**, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International (Республіка Польща).

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату  
за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

www.ntinbuilding.ndibv.org.ua; editor@ntinbuilding.ndibv.org.ua; тел. +38 (098) 985 01 58

Літературний редактор Н. В. Славогородська

Технічний редактор І. В. Азанова

Художнє оформлення А. С. Юдашкіна

Комп'ютерна верстка та графіка Т. О. Клименко

Затвержено до друку Вченою радою інституту, протокол № 2 від 18.12.2025 р.

Редакція не несе відповідальність за достовірність наведеної в статтях інформації

Адреса редколегії журналу:

03110, Київ, МСП, пр. В. Лобановського, 51

УДК 625.745.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2025.47.2025.1>**Гаркуша М. В.**

к.т.н., доцент, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд,  
Національний транспортний університет, м. Київ  
ORCID: 0000-0002-5388-0561

## ЗАСТОСУВАННЯ ДОДАТКОВИХ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДОРОЖНІХ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ З МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ

**Анотація.** На сьогоднішній день дорожні водопропускні труби з металевих гофрованих конструкцій застосовуються з прогоном в 40 м та являють собою композитну систему грунт-сталь і широко поширені в галузі транспортної будівництва. Дорожні водопропускні труби з металевих гофрованих конструкцій є економічним, естетично привабливим, мають перевагу в швидкому спорудженні з мінімальним обслуговування в майбутньому, розрахунковий термін служби зазвичай становить від 50 років до 100 років.

Дорожні водопропускні труби експлуатуються в складних умовах, які спричинюють розвиток корозійного впливу на метал конструкції, а сам метал потребує належного захисту для забезпечення надійності та довговічності споруди в цілому. Постійно працюючи у вологих умовах дорожні водопропускні труби з металевих гофрованих конструкцій піддаються корозії та стиранню через вплив навколишнього середовища. Корозія виникає в кількох місцях, на поверхні, яка контактує з ґрунтом, на внутрішній стороні труби, де присутня текуча вода, або на поверхні, яка піддається впливу повітря. Це пов'язано з агресивними речовинами в повітрі, воді або матеріалі ґрунтової засипки, наприклад солі, метали чи інші агресивні хімічні речовини. Корозія є основною причиною руйнування металевих конструкцій. Швидкість деградації матеріалів залежить від умов навколишнього середовища. Очікуваний термін служби дорожніх водопропускних труб визначається довговічністю матеріалу і довговічністю конструкції. Довговічність матеріалу відноситься до здатності труби бути стійкою до зносу внаслідок природних процесів корозії, стирання та ерозія. Під час проектування дорожніх водопропускних труб з металевих гофрованих конструкцій важливо розуміти умови навколишнього середовища протягом усього терміну її експлуатації, щоб оцінити придатність матеріалу. Щоб забезпечити відповідність вимогам проектного терміну служби, сталеву конструкцію захищають антикорозійним покриттям.

В роботі запропоновано вимоги до додаткових полімерних гідроізоляційних систем, що наносяться рідким способом.

**Ключові слова:** агресивне середовище, гідроізоляційне покриття, дорожня водопропускна труба, корозія, метилметакрилатні покриття.

**Постановка проблеми.** Водопропускні труби з металевих гофрованих конструкцій (МГК) мають історію використання в світі понад 100 років. Враховуючи, що корозія є основним фактором, що визначає тривалість терміну служби МГК застосовують різні захисні покриття для запобігання утворення корозії металу та продовження терміну служби даних труб [1, 2].

Одним із найпоширенішим захисним покриттям є застосування полімерних матеріалів [3] (ламінована плівка, рідкі полімерні розчини), які як правило, наносяться на оцин-

коване покриття металу (рис. 1). Покриття з полімерним покриттям забезпечує чудову адгезію до основної сталі та тривалу стійкість до корозії та стирання. Рекомендації щодо терміну служби базуються на обширних лабораторних та польових випробуваннях. Однак МГК (аналог американського CSP – Corrugated steel pipe) з полімерним покриттям, без додаткового захисту, як оцинкованим або алюмінізованим покриттям мають менший термін служби, який становить до 40 років.

**Аналіз останніх досліджень.** Застосування додаткових захисних покриттів МГК має бага-



Рис. 1. Застосування додаткового гідроізоляційного покриття на внутрішніх та зовнішніх частинах конструкції, Канада [4]

торічний досвід. В 1970-х роках було створено кілька варіантів покриття, полімерне ламіноване вперше було розроблено в 1974 році у відповідь на заміну покриття на основі органічних в'язучих речовин та покриття із застосуванням азбесту [5]. З часом полімерне ламінування стало основною системою покриття для середовищ, не сприятливих для оцинкованих поверхонь, оскільки воно добре показало себе в багатьох несприятливих умовах [5].

Дослідження, проведені у Вісконсині, США, прийшли до висновку, що бітумне покриття на «як оцинкованій сталі, так і алюмінієвій трубі показало дуже погані характеристики» [6]. Дослідження проведені в Огайо, США показали, що бітумне покриття має задовільний стан експлуатації, за винятком умов стирання під високим потоком стоків, здатних переносити абразивний матеріал [6].

У 1987 році в США виконувалося дослідження зносу МГК з різними покриттями. Ці труби були досліджені в двох різних середовищах, одне з кислотним стоком, а інше – абразивним. Хоча обидва дослідження призвели до проблем із довговічністю покриттів, швидкість корозії в абразивному середовищі була набагато помітнішою [7]. Це явище можна помітити на ділянці водопропускної труби з великим нахилом від входу до випуску.

В США на основі польових досліджень розроблено три підходи, що надають прогнози терміну служби матеріалів водопропускних труб (Каліфорнія, AISI та Флорида), а інші три методи (NCSIPA, Нью-Йорк і Колорадо) більше зосереджені на виборі матеріалу, ніж прогнозуванні терміну експлуатації [8]. Калі-

форнійський метод заснований на польових дослідженнях 7000 водопропускних труб у 1950-х роках [9]. Кінцевим продуктом стала графіка зображення зв'язку між рН і питомим опором до перфорації оцинкованої сталі труби. Цей метод випробування був удосконалений протягом багатьох років у міру стандартизації California DOT процедура випробування, Каліфорнія Тест 643. Останні оновлення цього методу були зроблені в 1993 році.

В дослідженні Хелміна [10] зазначено, що питомий опір і рН наповнювача є основними факторами, що впливають на корозію труб з оцинкованої сталі. Вони продовжують стверджувати, що багато державних дорожніх агенцій дотримуються Каліфорнійського тестового методу 643, щоб визначити термін служби, а після проведення власних досліджень виявляють, що Каліфорнійський тестовий метод 643 занижує термін служби. Вони згадали в дослідженні, що перша перфорація відбувається при 13 %, але AISI (Американський інститут чавуну та сталі) визначає кінець терміну служби, коли втрата металу досягає 25 %. Вони рекомендують застосовувати оцинковане покриття труб для уповільнення швидкості корозії, тут також згадується, що вони враховували вміст хлоридів, і оскільки каліфорнійський метод випробування 643 використовує лише рН як орієнтир, він містить певну неточність.

Даміан Бебен [11] провів дослідження корозійної активності засипки навколо водопропускних труб із гофрованої сталеві пластини, при цьому він використовував багато тих самих параметрів, що й попередні дослідники,

pH, питомий опір та багато інших, які містяться в Каліфорнійському методі випробувань 643, і виявив, що там є великою загрозою корозії ґрунту, коли мінімальне значення питомого опору досягає  $30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  ( $3000 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ ), а мінімальне значення зменшується протягом весни на 5–22 %, подібно до pH, але в меншому відсотковому відношенні. Також було проведено кореляцію між питомим опором засипки та вмістом вологи, було зазначено, що навесні, коли вміст вологи у засипці підвищується, питомий опір також підвищується.

Нещодавні випробування показують, що МГК покриті полімерним покриттям може витримувати умови третього рівня стирання. Оскільки полімер є бар'єрним покриттям, він демонструє рівномірно передбачувані показники довговічності в межах визначених діапазонів навколишнього середовища. Труби з полімерним покриттям, що працюють у цих діапазонах, можуть досягти 100-річного терміну служби, виходячи з поточних оцінок установок у рекомендованих діапазонах несприятливих умов протягом майже 40 років [3].

В Україні згідно з ВБН В.2.3-218-198 [12] додатковий захист металевих листів від корозії потрібно призначати на основі даних про корозійну активність (агресивність) ґрунтів основи, насипу та води, що протікає через споруду, а типи додаткового антикорозійного покриття МГК наведено в таблиці 1.

Визначення агресивності ґрунту по відношенню до МГК наведено в таблиці 2.

Ступінь корозійної активності води наведено в таблиці 3.

Європейські стандарти захисту від корозії для МГК залежать від того, чи є виріб виготовленою трубою чи збіраною пластинчастою конструкцією. Для труб керуючим стандартом ДСТУ EN 10346 [13], який вимагає захисту від корозії  $600 \text{ г/м}^2$  цинку або більш сувору вимогу  $1000 \text{ г/м}^2$  цинку в поєднанні з полімерним шаром 300 мкм (рис. 2).

Сталеві конструкції регулюються ДСТУ EN ISO 1461 [14] (від 50 мкм до 85 мкм), з додатковим захистом у вигляді рідкого полімеру (епоксидної смоли, метилметакрилату, тощо) від 200 мкм до 400 мкм. Ефективність застосування додаткового захисту в МГК було описано різними випробуваннями [15, 16, 17]. Це дало змогу розробити ефективні системи захисту від корозії.

АРМТЕК [4] проведено випробування в сольовому тумані (рис. 3) згідно з ASTM B117 [18]: А. Полімерна система – пластина витримана 4000 годин, присутнє витікати з червоної іржі, але без ознак розшарування (ASTM D714-87 [19], Рейтинг = 10; ASTM D1654-92 [20], Рейтинг = 10); В. Збагачений цинком шар, – пластина витримана 3000 годин, присутнє витікати з червоної іржі, але без ознак розшарування (ASTM D714-87

**Таблиця 1. Тип додаткового антикорозійного покриття МГК**

Загальний показник ступені агресивності ґрунту та води	Тип додаткового антикорозійного покриття поверхні	
	внутрішній	зовнішній
Слабо-агресивна	Бетонний лоток	Ґрунтовка, мастика бітумно-гумова
Середньо-агресивна	Ґрунтовка, мастика бітумно-гумова; асфальтобетонний лоток	Ґрунтовка, мастика бітумно-гумова, бітумно-мінеральна (бітуміноль)

**Таблиця 2. Агресивність ґрунту по відношенню до МГК**

Питомий опір ґрунту, $\text{Ом} \cdot \text{М}$	100	100–10	10
Ступінь корозійної активності	слабо-агресивна	середньо-агресивна	сильно-агресивна

**Таблиця 3. Агресивність води, що тече крізь МГК**

Показник pH	8,1–11,0		8,0–6,0 11,1–12,5		менше 6,0 більше 12,5	
	менше 0,5	0,5–5,0	більше 5,0	менше 0,5	0,5 і більше	будь-яка
Сумарна концентрація сульфатів і хлоридів, г/л						
Ступінь корозійної активності	слабо-агресивна	середньо-агресивна	сильно-агресивна	середньо-агресивна	сильно-агресивна	сильно-агресивна

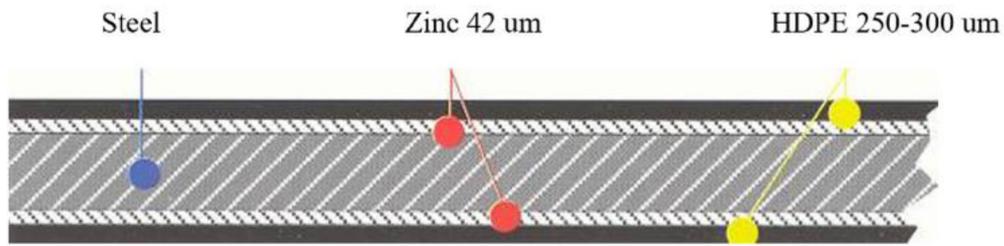


Рис. 2. Приклад захисту сталі від корозії з використанням полімерних матеріалів

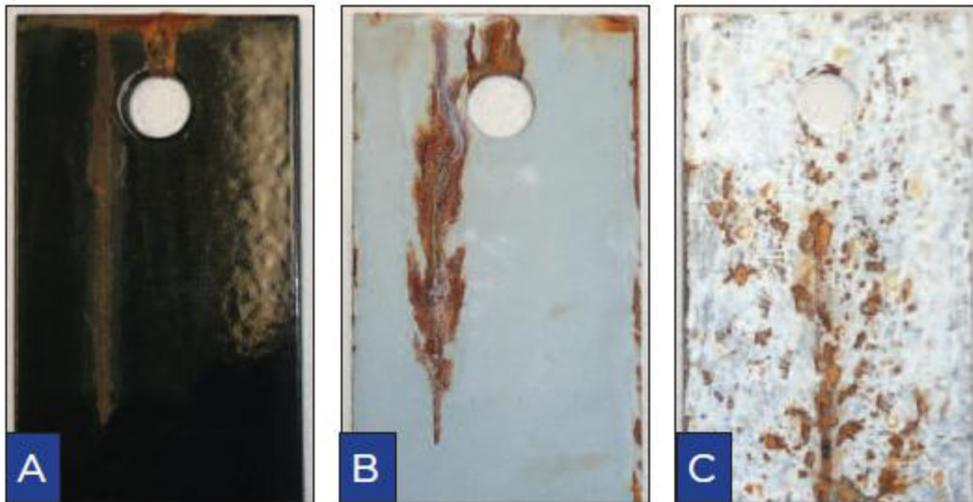


Рис. 3. Випробування в сольовому тумані

[19], Рейтинг = 10; ASTM D1654-92 [20], Рейтинг = 10); С. Тільки гаряче цинкування – пластина витримана 3000 годин, значна червона іржа, пухирі та розшарування від понад 16 мм (ASTM D714-87 [19], Рейтинг = 2; ASTM D1654-92 [20], Рейтинг = 0).

**Мета роботи** є удосконалення та підвищення ефективності антикорозійного захисту дорожніх водопропускних труб з металевих гофрованих конструкцій за рахунок застосування додаткових гідроізоляційних покриттів на основі метилметакрилату зі встановленням вимог до компонентів гідроізоляційної системи.

**Результати досліджень.** Гідроізоляційне покриття на основі метилметакрилатних смолей (ММА) повинно бути безперервним та водонепроникним по всій ізольованій поверхні, у сполученнях з конструктивними елементами та елементами стягування конструкції; міцно зчепленою із ізольованою поверхнею і зберігати міцність зчеплення за зсуву; міцною і зберігати еластичність у часі та інтервалі розрахункових температур, в тому числі і за від’ємних температур; теплостійкою в умовах літніх температур, стійкою під час можливого короткочасного вогню; здатною сприймати

будь-які типи механічних впливів; монолітною та безперервною, без здуття, бульбашок та хвилястості; хімічно та біологічно стійкою та стійкою до проникнення хлорид-іонів; без компонентів, які спричинюють корозію металу.

Гідроізоляцію влаштовують за технологією у вигляді системи, що складається з трьох (найпоширеніший тип) міцно пов’язаних між собою хімічно однорідних шарів, можливе застосування двошарової системи або одного шару покриття [21]:

- нижній шар – ґрунтовка (праймер), товщина сухої плівки (0,30–0,75) мм – антикорозійне полімерне покриття з високою адгезією до поверхні металу та до проміжного шару, забезпечує антикорозійний захист металевій поверхні від окислення та адгезію гідроізоляційного матеріалу до основи;

- проміжний шар – гідроізоляційна мембрана – одно або багато шарове, високоеластичне водонепроникне безшовне покриття, товщина сухої плівки (2,0–3,0) мм, яка забезпечує водонепроникність по всій поверхні, що гідроізолюється;

- поверхневий шар – зносостійкий, тріщиностійкий, хімічно та атмосферостійкий, у тому

числі до дії ультрафіолетових променів покрив.

Грунтовку виробляють у відповідності до вимог технологічного регламенту, затвердженого в установленому порядку.

Грунтовка – це нижній шар гідроізоляційної системи, який утворюється у результаті полімеризації двокомпонентного полімеру на основі ММА. Це є низьков'язка безбарвна рідина (за необхідності її забарвлюють), що складається з основи, каталізатора та спеціальних добавок.

Безпосередньо перед застосуванням додається порошковий каталізатор і ретельно розмішується.

Показники фізико-технічних властивостей грунтовки наведено в таблиці 4.

Гідроізоляційна мембрана це проміжний шар, що утворюється в результаті полімеризації двокомпонентного полімеру на основі акрилових мономерів, модифікованих уретаном. Під час додавання каталізатора відбувається повна полімеризація мономерів. Заполімеризований матеріал являє собою високоеластичний водонепроникний безшовний покрив з високими характеристиками тріщиностійкості.

Показники фізико-технічних властивостей гідроізоляційної мембрани наведено в таблиці 5.

Під час улаштування гідроізоляційної мембрани на основі метилметакрилату методом безповітряного розпилення рекомендовано влаштовувати два шари з метою досягнення товщини сухої плівки покриття кожного шару не менше ніж 1,0 мм або один шар з товщиною сухої плівки не менше ніж 2,0 мм.

Гідроізоляційна мембрана не повинна містити компонентів, що викликають корозійне руйнування металу.

У випадку нанесення гідроізоляції на об'єкті будівництва, до початку нанесення гідроізоляційної системи виконують такі заходи:

- на ділянці виконання робіт завершують загальнобудівельні роботи;
- забезпечують об'єкт усіма необхідними гідроізоляційними матеріалами;
- перевіряють відповідність похилів поверхні, на яку гідроізоляція наноситься, проектним величинам;
- перевіряють надійність системи водовідведення;

**Таблиця 4. Показники фізико-технічних властивостей грунтовки**

Назва показників	Нормативні значення показників
1. Діапазон температур нанесення, °С	5–30
2. Життєздатність за 20 °С, хв не менше ніж	15
3. Час полімеризації за 20 °С, хв, не менше ніж	30
4. Мінімальний час висихання грунтовки до нанесення першого шару гідроізоляційної мембрани, хв: 30 °С, не менше ніж 20 °С, не менше ніж 10 °С, не менше ніж 5 °С, не менше ніж	30 60 90 180
5. В'язкість за 25 °С, МПа · сек	100–130
6. Щільність, в рідкому стані, г/см <sup>3</sup> , не менше ніж	0,99
7. Міцність на розрив, МПа, не менше ніж	10,0
8. Відносне подовження на розтягування (еластичність), %, не менше ніж	62
9. Теплостійкість, не менше ніж, °С	230
10. Міцність зчеплення з основою, МПа, не менше ніж – цементобетонна – сталева	0,3 0,3
11. Міцність на удар, не менше ніж, см	30
12. Хімічна стійкість – стійкість до дії кислих, лужних, сольових розчинів і нафтопродуктів	Стійкі

**Таблиця 5. Показники фізико-технічних властивостей гідроізоляційної мембрани**

Назва показників	Нормативні значення показників
1. Колір та вид	Після висихання утворює рівне, однорідний покрив білого, сірого чи жовтого кольори
2. Діапазон температур нанесення, °С	5–30
3. Життєздатність за 20 °С, хв не менше ніж	15
4. Час полімеризації за 20 °С, хв, не менше ніж	60
5 Час висихання до ступеня 3, хв: 30 °С, не менше ніж 20 °С, не менше ніж 10 °С, не менше ніж 5 °С, не менше ніж	30 60 90 180
6 Щільність, в рідкому стані, г/см <sup>3</sup> , не менше ніж	1,1
7 Водопоглинання, % за масою, не більше ніж	1,0
8 Міцність на розрив, МПа, не менше ніж	10,0
9 Відносне подовження на розтягування (еластичність), %, не менше ніж	100
10 Теплостійкість, не менше ніж, °С	230
11 Міцність зчеплення з основою, МПа, не менше ніж – сталева	0,3
12 Міцність на удар, не менше ніж, см	30
13 Хімічна стійкість – стійкість до дії кислих, лужних, солевих розчинів і нафтопродуктів	Стійкі
14 Морозостійкість (за температури 25 °С)	Витримує навантагу
15 Рекомендована товщина сухої плівки кожного шару в двошаровому покритті, $E_5$ згідно з ДСТУ EN 1062-1, мкм, не менше ніж	1000
16 Рекомендована товщина сухої плівки в одношаровому покритті, $E_5$ згідно з ДСТУ EN 1062-1, мкм, не менше ніж	2000

– забезпечують сухість поверхні, на яку гідроізоляція наноситься;

– готують до роботи установку безповітряного розпилення;

– проводять інструктаж на робочому місці;

– запобігають пересуванню працівників та механізмів по нанесених шарах гідроізоляції.

**Висновки.** В роботі удосконалено та підвищено ефективність антикорозійного захисту дорожніх водопропускних труб з металевих гофрованих конструкцій за рахунок застосування додаткових гідроізоляційних покриттів на основі метилметакрилату зі встановленням фізико-технічних властивостей до компонентів гідроізоляційної системи.

#### Література

1. Гаркуша М. В. Застосування гідроізоляційних покриттів для захисту від корозії дорожніх водопропускних труб з металевих гофрованих конструкцій. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч. I, Кропивницький : ЦНТУ. С. 91–101. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.91-101](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.91-101) (дата звернення 01.10.2025).
2. Гаркуша М. В. Підходи визначення надійності дорожніх водопропускних труб з металевих гофрованих конструкцій з позиції впливу корозії. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*, Київ, НТУ, 2023. Вип. 114. Ч. 2. С. 164–183. URL: 10.33744/0365-8171-2023-114.2-164-183 (дата звернення 01.10.2025).
3. Сайт компанії National Corrugated Steel Pipe Association (NCSPA). URL: <https://www.ncspa.org/steel-product/csp-coatings/> (дата звернення 01.10.2025).

4. Сайт компанії ARMTEC. URL: <https://armtec.com/> (дата звернення 01.10.2025).
5. National Corrugated Steel Pipe Association (NCSPA). Field Performance Evaluation of Polymer Coated CSP Structure in Wisconsin, 2002.
6. Bradley R. Boyd, J. L. Gattis II, William A. Myers, R. P. Selvam. Guidelines for Selections of Pipe Culverts. TRC9601, 1999.
7. Missouri DOT. Study of Use, Durability, and Cost of Corrugated Steel Pipe on the Missouri Highway and Transportation Department's Highway System, Report MR 87-1, 1987.
9. Ault J. Peter, Ellor James A. Durability Analysis of Aluminized Type 2 Corrugated Metal Pipe Creator(s). Ocean City Research Corporation. Corporate Contributor(s) : United States. Federal Highway Administration. Office of Infrastructure Research and Development. Contributor(s). 2000. Report Number: FHWA-RD-97-140. URL: <https://rosap.nsl.bts.gov/view/dot/35751> (дата звернення 01.10.2025).
10. Beaton J. L., Stratfull R. F. Field Test for Estimating Service Life of Corrugated Metal Pipe Culverts, 1962. Report 62-06. URL: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrbproceedings/41/41-017.pdf> (дата звернення 01.10.2025).
11. Halmen C., Trejo D., Folliard, K. Service Life of Corroding Galvanized Culverts Embedded in Controlled Low-Strength Materials. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2008, Vol. 20, Issue 5. URL: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2008\)20:5\(366\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0899-1561(2008)20:5(366)) (дата звернення 01.10.2025).
12. Beben D. Backfill Corrosivity around Corrugated Steel Plate Culverts. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 2014, Vol. 29, Issue 6. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.000065](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.000065) (дата звернення 01.10.2025).
13. Проектування та будівництво споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування. *Споруди транспорту. ВБН В.2.3-218-198:2007*. 2007. К.: Укравтодор. 51 с.
14. Сталевий плоский прокат із неперервним гарячим покриттям для холодного формування. Технічні умови поставання ДСТУ EN 10346:2022 (EN 10346:2015, IDT). 2022. К.: ДП «УкрНДНЦ». 25 с.
15. Покриття, нанесені методом гарячого цинкування на вироби із чавуну та сталі. Технічні вимоги та методи випробування ДСТУ EN ISO 1461:2024 (EN ISO 1461:2022, IDT; ISO 1461:2022, IDT). 2024. К.: ДП «УкрНДНЦ». 18 с.
16. Mattsson H.-Å., Sundquist H. The real service life and repair methods of steel pipe culverts in Sweden. *Proceedings of the 1st European Conference on Buried Flexible Steel Structures*, 2007, p. 185–193.
17. Pettersson, L., Wadi A. Full-Scale Live Load Tests on older Soil–Steel Composite Bridges Close to Skellefteå, Sweden (test report). *KTH Structural Engineering and Bridges*, 2013. 98 p.
18. Camitz G., Bergdahl U., Vinka T.G. Stålpålars beständighet mot korrosion i jord – En sammanställning av kunskaper och erfarenheter, rapport 105, Pålkommissionen – Commission on Pile Research, Linköping, Ruotsi, 2009, 94 p.
19. Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus. *ASTM B117-19*. 2019. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM american standards. 11 p.
20. Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints. *ASTM D714-87(2000)*. 2017. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM american standards. 5 p.
21. Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments. *ASTM D1654-92(2000)*. 2017. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM american standards. 3 p.
22. Рекомендації з улаштування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах. *Р.В.2.3-37641918-934:2023*. 2023. К.: Агентство відновлення. 58 с.

### References

1. Harkusha M. V. (2024). Zastosuvannya hidroizolyatsiynykh pokryttiv dlya zakhystu vid koroziyi dorozhnikh vodopropusknykh trub z metalevykh hofrovanykh konstruktsiy [Application of waterproofing coatings for corrosion protection of road culverts made of corrugated metal structures]. *Tsentrāl'noukrayins'kyi naukovyy visnyk. Tekhnichni nauky*. Vyp. 10(41), ch. I, Kropyvnyts'kyi : TSNTU. S. 91 – 101. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.91-101](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.91-101)
2. Harkusha M. V. (2023). Pidkhody vyznachennya nadiynosti dorozhnikh vodopropusknykh trub z metalevykh hofrovanykh konstruktsiy z pozytsiyi vplyvu koroziyi [Approaches to determining the reliability of road culverts made of corrugated metal structures from the perspective of corrosion]. *Avtomobil'ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo*, Kyiv, NTU, 2023. Vyp. 114. CH. 2. S. 164–183. URL: [10.33744/0365-8171-2023-114.2-164-183](https://doi.org/10.33744/0365-8171-2023-114.2-164-183)
3. Sayt kompaniyi National Corrugated Steel Pipe Association (NCSPA). URL: <https://www.ncspa.org/steel-product/csp-coatings/>
4. Sayt kompaniyi ARMTEC. URL: <https://armtec.com/>
5. National Corrugated Steel Pipe Association (NCSPA). (2002). Field Performance Evaluation of Polymer Coated CSP Structure in Wisconsin.
6. Bradley R. Boyd, J. L. Gattis II, William A. Myers, R. P. Selvam (1999). Guidelines for Selections of Pipe Culverts. TRC9601. Missouri DOT (1987). Study of Use, Durability, and Cost of Corrugated Steel Pipe on the Missouri Highway and Transportation Department's Highway System, Report MR 87-1.
7. Ault J. Peter, Ellor James A. (2000). Durability Analysis of Aluminized Type 2 Corrugated Metal Pipe Creator(s). Ocean City Research Corporation. Corporate Contributor(s) : United States. Federal Highway Administration. Office of Infrastructure Research and Development. Contributor(s). Report Number: FHWA-RD-97-140. URL : <https://rosap.nsl.bts.gov/view/dot/35751>
8. Beaton J. L., Stratfull R. F. (1962). Field Test for Estimating Service Life of Corrugated Metal Pipe Culverts. Report 62-06. URL: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrbproceedings/41/41-017.pdf>
9. Halmen C., Trejo D., Folliard, K. (2008). Service Life of Corroding Galvanized Culverts Embedded in Controlled Low-Strength Materials. *Journal of Materials in Civil Engineering*. Vol. 20, Issue 5. URL: [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2008\)20:5\(366\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0899-1561(2008)20:5(366))

10. Beben D. (2014). Backfill Corrosivity around Corrugated Steel Plate Culverts. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 2014, Vol. 29, Issue 6. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CF.1943-5509.000065](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.000065)
11. Proektuvannya ta budivnytstvo sporud iz metalevykh hofrovanykh konstruksiy na avtomobil'nykh dorohakh zahal'noho korystuvannya. Sporudy transportu. VBN V.2.3-218-198:2007. 2007. Kyiv: Ukravtodor. 51 s.
12. Stalevyi ploskyi prokat iz neperervnym haryachym pokryttyam dlya kholodnoho formuvannya. Tekhnichni umovy postachannya DSTU EN 10346:2022 (EN 10346:2015, IDT). 2022. Kyiv: DP "UkrNDNTS". 25 s.
13. Pokryttya, naneseni metodom haryachoho tsynkuvannya na vyroby iz chavunu ta stali. Tekhnichni vymohy ta metody vyprovuvannya DSTU EN ISO 1461:2024 (EN ISO 1461:2022, IDT; ISO 1461:2022, IDT). 2024. Kyiv: DP "UkrNDNTS". 18 s.
14. Mattsson H.-Å., Sundquist H. (2007). The real service life and repair methods of steel pipe culverts in Sweden. *Proceedings of the 1st European Conference on Buried Flexible Steel Structures*, p. 185–193.
15. Petterson, L., Wadi A. (2013). Full-Scale Live Load Tests on older Soil–Steel Composite Bridges Close to Skellefteå, Sweden (test report). *KTH Structural Engineering and Bridges*, 98 p.
16. Camitz G., Bergdahl U., Vinka T.G. (2009). Stålpålars beständighet mot korrosion i jord – En sammanställning av kunskaper och erfarenheter, rapport 105, Pålkommisionen – Commission on Pile Research, Linköping, Ruotsi, 94 p.
17. Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus. *ASTM B117-19*. 2019. West Conshohocken, Pennsylvania : ASTM american standards. 11 p.
18. Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints. *ASTM D714-87(2000)*. 2017. West Conshohocken, Pennsylvania : ASTM american standards. 5 p.
19. Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments. *ASTM D1654-92(2000)*. 2017. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM american standards. 3 p.
20. Rekomendatsiyi z ulashtuvannya hidroizolyatsiynykh system na osnovi metylmetakrylatnoyi smoly na transportnykh sporudakh. R V.2.3-37641918-934:2023. 2023. Kyiv: Ahent-stvo vidnovlennya. 58 s.

## APPLICATION OF METHYL METHACRYLATE COATINGS FOR PROTECTION OF ROAD WATER PIPES MADE OF METAL CORRUGATED STRUCTURES FROM CORROSION

**Abstract.** *Today, road culverts made of corrugated metal structures are used with a span of 40 m and are a composite soil-steel system and are widely used in the field of transport construction. Road culverts made of corrugated metal structures are economical, aesthetically attractive, have the advantage of quick construction with minimal maintenance in the future, the estimated service life is usually from 50 to 100 years.*

*Road culverts are operated in difficult conditions that cause the development of corrosive effects on the metal of the structure, and the metal itself requires proper protection to ensure the reliability and durability of the structure as a whole. Constantly operating in wet conditions, road culverts made of corrugated metal structures are subject to corrosion and abrasion due to environmental influences. Corrosion occurs in several places, on the surface in contact with the soil, on the inside of the pipe where flowing water is present, or on the surface exposed to air. This is due to aggressive substances in the air, water or soil backfill material, such as salts, metals or other aggressive chemicals. Corrosion is the main cause of the destruction of metal structures. The rate of degradation of materials depends on environmental conditions. The expected service life of road culverts is determined by the durability of the material and the durability of the structure. The durability of the material refers to the ability of the pipe to resist wear due to the natural processes of corrosion, abrasion and erosion. When designing road culverts from corrugated metal structures, it is important to understand the environmental conditions throughout its service life in order to assess the suitability of the material. To ensure compliance with the design service life requirements, the steel structure is protected with an anti-corrosion coating.*

*The paper proposes requirements for additional polymer waterproofing systems applied by liquid method.*

**Key words:** *aggressive environment, waterproofing coating, road culvert, corrosion, methyl methacrylate coatings.*

**Harkusha M. V.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Bridges, Tunnels and Hydrotechnical Structures, National Transport University, Kyiv



Дата надходження статті: 01.11.2025

Прийнято: 20.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025

УДК 364.24:316.4:159.922.27(477)(4)

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2025.47.2025.2>**Зінченко Г. В.**

к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну Інституту цифрових технологій, дизайну та транспорту

Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса

ORCID: 0000-0002-0517-0151

**Дорофєєв В. С.**

д.т.н., професор, професор кафедри будівництва, архітектури та дизайну Інституту цифрових технологій, дизайну та транспорту

Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса

ORCID: 0000-0002-2412-4134

**Пушкар Н. В.**

к.т.н., доцент, професор кафедри залізобетонних конструкцій та транспортних споруд Інженерно-будівельного інституту

Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

ORCID: 0000-0002-4243-7353

**Малихіна А.**

здобувачка вищої освіти Інституту цифрових технологій, дизайну та транспорту

Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса

**Білоусько А.**

здобувачка вищої освіти Інституту цифрових технологій, дизайну та транспорту

Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса

**ТРАНСФОРМАЦІЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА У НАПРЯМІ БЕЗБАР'ЄРНОСТІ**

***Анотація.** Створення безбар'єрного міського середовища є ключовим пріоритетом сучасної політики урбаністики та соціальної інклюзії. Ця трансформація полягає не лише в адаптації інфраструктури для людей з інвалідністю, але й у забезпеченні комфортного та безпечного доступу до всіх міських послуг і просторів для всіх маломобільних груп населення, включаючи літніх людей, вагітних жінок, батьків з дитячими візками та осіб з тимчасовими обмеженнями здоров'я. Економічний, політичний та соціальний успіх держави залежать від постійного розвитку та трансформації.*

*Соціальна та економічна цінність інклюзивного міста є беззаперечною. Воно не тільки підвищує якість життя для найбільш вразливих верств населення, але й сприяє загальному розвитку громади, зміцненню довіри та соціальній згуртованості. Створення безбар'єрного середовища – це інвестиція в сталий розвиток, що забезпечує рівні можливості та комфорт для кожного мешканця без винятку.*

*Національна стратегія зі створення безбар'єрного простору в Україні та відповідні державні будівельні норми закладають правову основу для цих змін, роблячи вимоги щодо доступності обов'язковими під час нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту об'єктів. Сьогодні основними зразками суспільних взаємин у сучасних громадах стосовно людей з інвалідністю є інклюзія, що ґрунтується на визнанні особистих людських відмінностей та гарантуванні їм рівних прав. Головна концепція інклюзивного методу полягає в тому, що замість того, аби люди пристосовувалися до суспільних, соціальних, економічних зв'язків, соціум мусить формувати відповідні обставини для задоволення життєвих потреб кожної одиниці. Формування доступного довкілля для функціонування усіх членів територіальних спільнот*

*є суспільним надбанням і тісно корелює із соціально-економічним прогресом усієї держави, тому що безпосередньо впливає на залученість осіб з інвалідністю у весь спектр людських прав, відіграє важливу роль у формуванні інклюзивного соціуму загалом.*

*Соціальна інклюзія – це процес створення суспільства для всіх, у якому кожна особа, незалежно від її індивідуальних відмінностей (фізичних, соціальних, культурних, економічних тощо), має рівні права, можливості та ресурси для повноцінної участі в усіх аспектах життя. Це поняття виходить за межі простої толерантності та передбачає активне усунення системних бар'єрів і дискримінації. Впровадження безбар'єрності в розвиток міст є особливо актуальним в сучасній Україні.*

*Російсько-українська війна ще більше підкреслила необхідність у впровадженні концепції інклюзивного середовища в розвитку міст України.*

**Ключові слова:** *інклюзивне середовище, доступність, універсальний дизайн, соціальна інклюзія, соціальна безпека держави.*

**Постановка проблеми.** Майже чотири роки безупинної російсько-української війни та її наслідки для усіх верств населення формують тему для обговорення та ключову мету для політиків, лідерів громад, міських планувальників щодо створення інклюзивного середовища. Інклюзивне середовище – це місце, доступне і зручне для всіх людей, незалежно від їхніх фізичних можливостей. Важливість інклюзивного середовища незаперечна: воно не тільки покращує якість життя маломобільних громадян, а й робить бізнес привабливішим для широкої аудиторії.

**Аналіз останніх джерел і публікацій.** Вивченням питання створення «простору для всіх» займалися і вітчизняні, і зарубіжні політики. Н. М. Бирко у своїй роботі «Пріоритетні підходи універсального дизайну» дає визначення поняттю «інклюзія» наступним чином [1]. Інклюзія – це концепція, що передбачає створення суспільства, де кожна людина, незалежно від її індивідуальних особливостей, має можливість повноцінно брати участь у всіх сферах життя, від освіти та праці до культурних та соціальних заходів. Це підхід, спрямований на створення середовища, яке сприяє рівності, взаєморозумінню та взаємодії всіх груп суспільства.

За словником Г. І. Васильєвої і В. В. Любарець, соціальна інклюзія – це «процес змін у політичній, економічній, соціальній сферах, спрямований на утвердження соціальної рівності» [2, с. 44)].

О. О. Стрельнікова та Н. О. Єсіна визначають інклюзію як спрямовану на врахування потреб різних соціальних груп, забезпечення їхнього доступу до ресурсів та послуг, а також на подолання стереотипів і дискримінації. Соціальна інклюзія прагне до створення спра-

ведливого та взаєморозуміючого суспільства [3, с. 242–247].

Питаннями щодо визначення інклюзії також займалися О. Л., Попова, О. Р. Шиць, Т. О. Зінчуха та інші. Серед зарубіжних дослідників з цього питання можна виділити М. Гундер, А. Маданіпур, М. Сасакі, М. Паганоні.

**Метою статті** є висвітлення необхідності створення безбар'єрного простору в Україні та висвітлення поточного стану цього простору в державі.

**Результати досліджень.** Обов'язок соціальної держави щодо осіб з обмеженою рухливістю проявляється у формуванні правових, економічних, політичних, соціальних, психологічних та інших передумов для гарантування їхніх прав та спроможності брати участь у громадському житті нарівні з іншими громадянами, зокрема: виявляти та ліквідувати перешкоди й бар'єри для реалізації прав та задоволення потреб, включно з тими, що стосуються доступу до громадських будівель, благоустрою, транспортних мереж, дорожнього сервісу, відомостей та комунікацій, з огляду на особисті здібності, можливості та уподобання–навчання, працевлаштування, спорт та фізична активність; медична опіка; соціальний захист; забезпечення виконання індивідуальних планів відновлення життєдіяльності осіб з інвалідністю; надати пристосоване житло [4, с. 24].

Як зазначено у Конвенції ООН про права людей з інвалідністю – «доступність» має забезпечувати однаковий ґрунт кожному, незалежно від людей з набутими вадами. Цей принцип Конвенції є провідним та стосується усіх сторін її втілення [5, 6].

Доступність – є забезпечення рівного доступу усім верствам населення до фізичного оточення, транспорту, відомостей та зв'язку, інформаційно-комунікаційних технологій та систем, а також до інших об'єктів та послуг, як у міських, так і в сільських місцевостях. [7].

Доступність проявляється там, де зникають її антиподи – перепони і бар'єри, які умовно об'єднуються в такі групи: фізичні, інформаційні, ментальні, інституційні.

Відомо, що держави в усьому світі вимагають дотримання стандартів доступності для забезпечення прав людей з обмеженими можливостями та груп людей з обмеженнями рухливості, як-от втрата слуху, недуги опорно-рухового апарату та порушення зору. Ці норми мають вирішальне значення для політичної, соціальної та економічної важливості доступності [4, с. 24].

Так, коли розглядається безбар'єрний простір у Данії, говориться не просто про технічні норми або наявність пандусів. Звертається увага на цілу філософію, яка називається «універсальний дизайн». Основна суть у тому, щоб з самого початку проектувати міста, будинки, транспорт та громадські місця так, комфортні для найширшої кількості людей без будь-яких подальших переробок.

Це означає, що таке середовище зручне не лише для людини на інвалідному візку, а й для мами з дитячим візком, для літньої людини з палицею, для дитини. У результаті місто стає по-справжньому зручним для всіх.

На практиці це виглядає як повна відсутність бордюрів на тротуарах, коли пішохідна та проїзна частини становлять єдину рівну поверхню, що зручно і для візка, і для велосипеда. Це громадський транспорт, де рівень підлоги автобуса точно збігається з рівнем тротуару, тому зайти можна за кілька секунд без будь-якої допомоги. Це інтуїтивна навігація та доступність інформації для людей з порушеннями зору або слуху. Але найголовніше – це зміна у свідомості. У данців це не розглядається як «пільга для меншини», це сприймається як норма і зручність для кожного. Тому ніхто не дивується, побачивши людину на візку в звичайному кафе чи офісі, бо весь простір до цього пристосований.

Цей підхід показує, що коли безбар'єрність стає не вимушеним виконанням закону, а частиною культури планування, то виграють усі, бо місто стає більш функціональним і комфортним для життя будь-якої людини.

У Данії є рідкістю вигляд пандусу, як окремого незграбного елемента. Архітектурна думка працює на випередження: пандус є органічною частиною загальної композиції. Найпоширенішим рішенням є поєднання сходів та пандусу в єдиному архітектурному середовищі, де пандус часто має вигляд широкого, пологого спуску з натурального каменю або бетону, інтегрованого прямо між сходами, рис. 1 [8].

Данія впроваджує інноваційні підходи до створення інклюзивного житлового середовища, де кожен мешканець має рівні можливості для комфортного проживання.



Рис. 1. Приклад проектування міського простору, Данія

Одним із найвідоміших прикладів є житловий комплекс 8 House (8 Tallet) у Копенгагені, запроєктований архітектурним бюро BIG. Цей унікальний проєкт, завершений у 2010 році, об'єднує 476 квартир різних типів – від невеликих студій до просторих сімейних апартаментів. Архітектори відмовилися від традиційних сходів на користь похилих пандусів, що забезпечує безперервний доступ до всіх рівнів комплексу. Особливу увагу приділено спільним просторам для соціалізації, включаючи дворові території з зонами відпочинку та дитячими майданчиками [9].

Унаслідок практичного впровадження засад програмних документів стосовно інклюзії та безбар'єрності в ЄС ухвалено такі ініціативи: Європейський акт про доступність, який встановлює вимоги щодо придатності товарів і послуг; Положення про права пасажирів з обмеженою рухливістю; Директиву про доступність веб-сторінок, завдяки якій веб-сайти загального вжитку стануть доступнішими для людей з інвалідністю; зовнішні дії щодо популяризації державних програм і проєктів громадянського суспільства, підтримка зусиль урядів-партнерів щодо запровадження та нагляду заходів з інклюзії / безбар'єрності [10].

Комплексний характер – є спільною рисою стратегічних документів європейських держав щодо інклюзії та доступності. Це означає, що кожен окреслений напрямок логічно пов'язаний з іншими напрямками, щоб максимізувати вплив системи на цільове середовище.

Відповідальність соціальної держави щодо людей з обмеженою рухливістю виявляється у створенні правових, економічних, політичних, соціальних, психологічних та інших умов для забезпечення їхніх прав і спроможностей брати участь у суспільному житті нарівні з іншими громадянами [11].

Стала необхідність забезпечити оптимальний доступ до об'єктів громадського використання, задля ефективного підходу в подоланні ізоляції та забезпечення рівних прав і можливостей людей з інвалідністю, приймалося у Стандартних правилах ООН щодо забезпечення рівних можливостей для людей з інвалідністю починаючи з 1993 року, а саме: держави повинні почати запроваджувати відповідні заходи для усунення перепон для пересування у фізичному середовищі. Такими заходами повинна бути розробка

норм та настанов, а також розгляд законодавства для забезпечення доступу до різних сфер суспільства, як-от житло, споруди, громадський транспорт та інші транспортні засоби, вулиці та інші простори [12, с. 128; 13].

Україна затвердила шлях інтеграції до європейської та світової спільноти через низку міжнародних правових актів, що мали певний вплив на формування національної державної політики та практики щодо забезпечення однакових можливостей для всіх громадян, впровадження принципів доступності у різні сфери життєдіяльності осіб з інвалідністю.

Міжнародні правові акти, схвалені Україною, є нормами прямої дії та мусять виконуватися.

30 листопада 2018 року ухвалено наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 327 Державні будівельні норми В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель та споруд» (далі – ДБН), що унормовує питання інклюзивності будівель та Закон України від 16.01.2020 № 473 Про внесення змін до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» щодо посилення захисту осіб з інвалідністю та інших маломобільних верств населення при здійсненні містобудівної діяльності [14].

30 червня 2021 року ухвалено постанову Кабінету Міністрів України № 668 стосовно Порядку облаштування засобів безперешкодного доступу осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення до будинків, будівель, споруд будь-якого призначення, їх комплексів та частин, об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури або їх розумного припасування.

У сучасному світі інклюзивність стала не просто модою, а потребою, що відображає зростаючий попит на доступні та зручні простори для усіх громадян. Саме тому 1 травня 2025 року набрали чинності оновлені Державні Будівельні Норми України «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення» (ДБН В.2.2-40:2018), що містять зміни № 1 та № 2 та представлені в оновленому тексті 2025 року [16, 17].

Тобто ми бачимо, що йде безупинна робота над законодавчими документами задля створення безбар'єрного середовища в нашій державі. Оновлення існуючих будівельних норм говорить про те, що розпочалась інформа-

ційна робота з населенням, йдуть опитування з відповідною категорією людей задля отримання необхідної інформації щодо комфортності перебування їх у будь-якому просторі.

Але постає питання – чи дійсно виконуються зміни щодо реалізації прийнятої Національної стратегії зі створення безбар'єрного простору в Україні до 2030 року за ініціативи першої леді України Олени Зеленської «Без бар'єрів» [10]?

Згідно з ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення» споруди повинні бути забезпечені: фізичною можливістю та комфортом доступу і переміщення об'єктом, довколишньою територією, здобуттям послуг; фізичною безпекою при вході на об'єкт та пересуванні по ньому, довколишньою територією, при отриманні послуг; спроможністю вільного отримання відомостей про об'єкт та послуги, що надаються; вільним орієнтуванням по об'єкту та довколишньою територією [13].

Проте, у багатьох випадках неможливо запевнити дотримання оцих законодавчих норм адміністративними установами, установами і органами соціального орієнтування. Найслабшими та відсталими ланками гарантування доступності докільця є облашту-

вання міського простору, планування будівель та споруд.

Є відповідні дослідження щодо виконання Стратегії зі створення безбар'єрного простору в Україні [19, 20]. Під час здійснення оцінки доступу враховуються адміністративні дані, статистична інформація, наслідки соціологічних досліджень, опитувань громадської думки, моніторингу дотримання прав і свобод людини, що провадиться органами державної влади, органами місцевого самоврядування.

Стандарти доступності мусять містити такі вимоги: можливість безперешкодного та легкого руху для людей з обмеженою мобільністю в межах території чи послуг; вхід до будівлі; доступ до дверей; безперешкодне пересування по шляхах сполучення, будівлях, приміщеннях та територіях; доступні місця відпочинку; стосовно доступу до різноманітного устаткування та меблів; ширини до внутрішніх сходів [21, 22].

На прикладі досліджень, що виконані в двох містах Чернігівщини: Ічні та Ніжині, а також на Одещині, м. Одеса, – можна говорити, що узагальнюючі показники доступності до соціальної інфраструктури (будівель громадського використання та прилеглих до них територій) свідчать загалом про її низь-

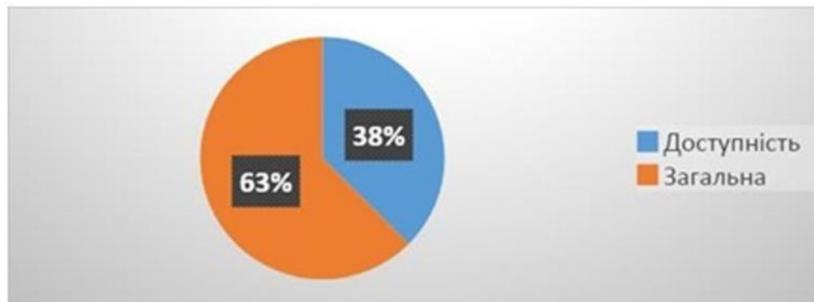


Рис. 2. Рівень безпечності використання прилеглих територій до будівель громадського використання, м. Ніжин [19]

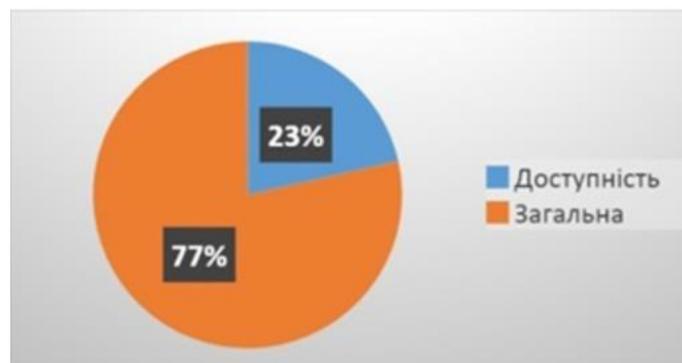


Рис. 3. Доступність будівель соціальної інфраструктури у Ніжині за критерієм «Входи/виходи; двері» [19]

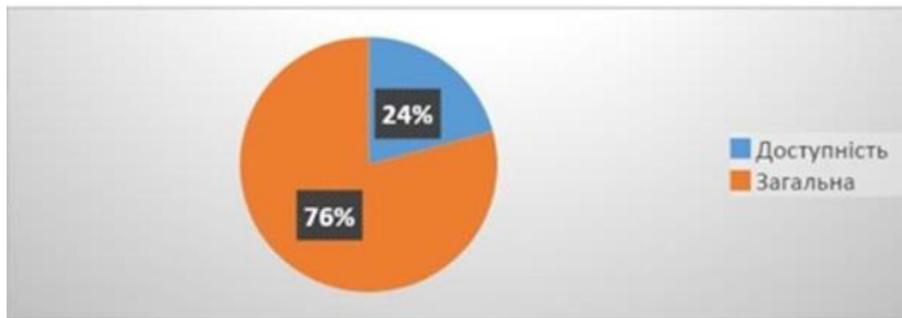


Рис. 4. Рівень забезпечення пандусами будівель загального громадського використання, м. Ніжин [19]

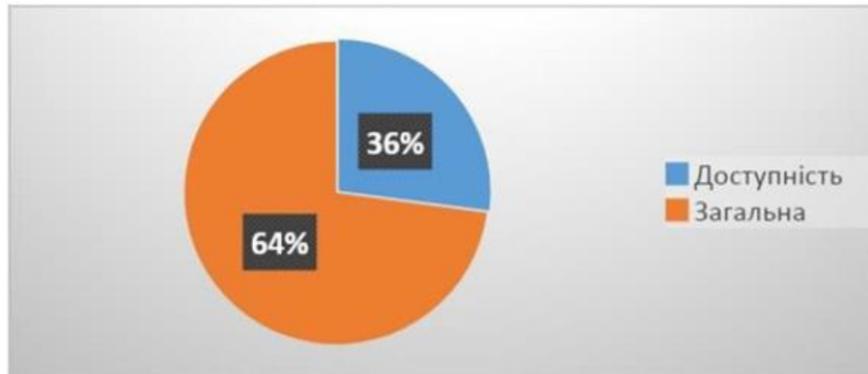


Рис. 5. Доступність сходів будівель громадського використання для людей з порушеннями зору та опорно-рухового апарату, м. Ніжин [19]



Рис. 6. Загальна доступність соціальної інфраструктури, м. Ніжин, м. Ічня [19]

кий та середній рівень [19, 20]. Отже, відомості результатів емпіричного дослідження засвідчують недостатній рівень інклюзивності соціальної інфраструктури м. Ніжин та м. Ічня, рис. 2–6 [19].

Обстеження елементів доступності адміністративно-аудиторного корпусу Одеського національного корпусу Одеського національного морського університету, м. Одеса, показало недостатній рівень доступності [20].

**Висновки.** Загалом, можна вважати, що національна, законодавча та правова основи щодо забезпечення інтеграції людей з інвалідністю у суспільне життя та реалізації принципу «безбар'єрності» у практичній діяльності переважно відповідає міжнародній практиці та потребам маломобільних груп населення. Але моніторинг програми щодо реалізації Стратегії безбар'єрності свідчить про те, що потрібно постійно підтримувати взаємодію з відповід-

ною групою суспільства, щоб розуміти основні проблеми та незручності, з якими стикаються маломобільні групи людей, а також шукати ефективні інструменти, що будуть потужно впливати на трансформацію міського середовища у напрямі його безбар'єрності.

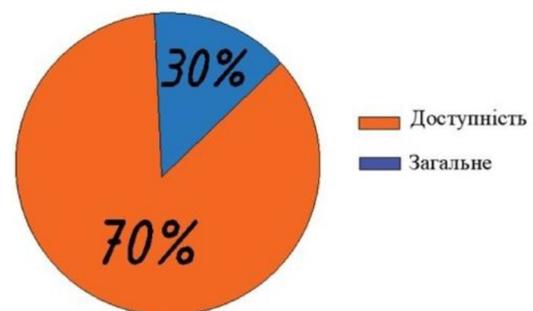


Рис. 7. Результати обстеження елементів доступності, м. Одеса, Одеський національний морський університет

### Література

1. Бирко Н. М. Пріоритетні підходи універсального дизайну. *Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського*. Одеса, 2022. № 3 (140). С. 46–53.
2. Васильєва Г. І., Любарєць В. В. *Термінологічний словник – інклюзія*. Київ : Міленіум, 2018. 44 с.
3. Сергієнко І. Г. Роль соціальної інклюзії та соціальної ексклюзії у створенні інклюзивного міста майбутнього в контексті державного управління. *Публічне управління і адміністрування в Україні*. Одеса: Гельветика, 2023. № 33. С. 242–247.
4. Створення безбар'єрного середовища та соціальна інклюзія: світовий досвід для України : аналіт. доп. / [Зубченко С. О., Каплан Ю. Б., Тищенко Ю. А.]. Київ : НІСД, 2020. – 24 с.
5. Конвенція про осіб з інвалідністю. Резолюція Генеральної асамблеї ООН № 61/106, прийнята на шістдесят першій сесії ГА ООН 2006 р. (Конвенцію ратифіковано законом України № 1767-VI від 16.12.2009): <http://zakon1.rada.gov.ua> (дата звернення 21.10.2025 р.).
6. Постанова Кабінету Міністрів України № 1652 від 29.11.06, Про затвердження Порядку забезпечення окремих категорій населення технічними та іншими засобами реабілітації і формування відповідного державного замовлення, переліку таких засобів. (із змінами: № 1015 1015-2008-п від 12.11.08, № 318 318-2009-п від 08.04.2009). URL: <http://zakon1.rada.gov.ua> (дата звернення 21.10.2025 р.).
7. Постанова Кабінету Міністрів України Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року, від 3 березня 2021 № 179. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua> (дата звернення 21.10.2025 р.).
8. Премія «Доступність до міста». URL: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/policies/justice-and-fundamental-rights/disability/access-city-award\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/policies/justice-and-fundamental-rights/disability/access-city-award_en) (дата звернення 22.11.2025 р.).
9. THE DANISH BUILDING REGULATIONS (BYGNINGSREGLEMENTET) Розділи про доступність: BR18, SECTION 235-239.
10. Результати в межах ініціативи першої леді Олени Зеленської «Без бар'єрів». URL: <https://bf.in.ua/barrier-free-products/> (дата звернення 21.10.2025 р.).
11. Чічель О. Архітектурна доступність та безбар'єрність простору як форма реалізації концепції інклюзії у суспільстві. URL: <http://dSPACE.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/27311/1/Nihel.pdf>.
12. Азін В. О., Байда Л. Ю., Грибальський Я. В., Красюкова-Еннс О. В. Навчально. Доступність та універсальний дизайн: навч.-метод. посіб./за заг. ред. Байди Л. Ю., Красюкової-Еннс О. В. Київ, 2013. 128 с.
13. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. [Чинний від 01.04.2019]. Вид. офіц. Київ, 2022.
14. Про внесення змін до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» щодо посилення захисту осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення при здійсненні містобудівної діяльності від 16 січня 2020 року URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473-20#Text> (дата звернення 21.10.2025 р.).
15. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Зміна № 1. [Чинний від 01.09.2022]. Вид. офіц. Київ, 2022.
16. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення Зміна № 2. [Чинний від 01.09.2025]. Вид. офіц. Київ, 2025.
17. Скрипка Н., Грибальницький Я., Азін В. Методичний посібник, видання V (доповнене): Київ : ВГСПО «Національна Асамблея інвалідів України», 2012.
18. Чічель О. Архітектурна доступність та безбар'єрність простору як форма реалізації концепції інклюзії у суспільстві. URL: <http://dSPACE.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/27311/1/Nihel.pdf>
19. «Мир». Забезпечення безбар'єрності міського середовища як умова реалізації прав маломобільних груп населення, Ніжин, 2024 р.
20. Дорофєєв В. С. Висновок щодо обстеження аудиторного корпусу ОНМУ, Одеса, 2019 р.
21. Закон України від 16.08.2022 № 2530-IX «Про регулювання містобудівної діяльності». Сайт Верховної Ради України. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua> (дата звернення 21.10.2025 р.).
22. Закон України «Про основи соціальної захищеності осіб з інвалідністю в Україні» (Назва Закону із змінами, внесеними згідно із Законом № 2249-VIII від 19.12.2017). Сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/875-12#Text> (дата звернення 21.10.2025 р.).

### References

1. Byrko, N. M. (2022). Priority approaches to universal design. [Priority approaches to universal design]. *Naukovyi visnyk Pivdennoukrainskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni K. D. Ushynskoho*. – *Scientific Bulletin of the South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky*, 3 (140), 46-53 [in Ukrainian].
2. Vasyliieva, H. I., & Liubarets, V. V. (2018). *Terminolohichniy slovnyk – inkliuziia*. [Terminology dictionary – inclusion]. Kyiv : Milenium [in Ukrainian].
3. Serhiienko, I. H. (2023). Rol sotsialnoi inkliuzii ta sotsialnoi ekskliuzii u stvorenni inkliuzyvnoho mista maibutnoho v konteksti derzhavnoho upravlinnia [The role of social inclusion and social exclusion in creating an inclusive city of the future in the context of public administration]. *Publichne upravlinnia i administruvannia v Ukraini – Public Management and Administration in Ukraine*, 33, 242-247.
4. Zubchenko, S. O., Kaplan, Yu. B. & Tyshchenko, Yu. A. (2020). *Stvorennia bezbariernoho seredovishcha ta sotsialna inkliuziia: svitovi dosvid dlia Ukrainy : analit. dop.* [Creating a barrier-free environment and social inclusion: global experience for Ukraine]. Kyiv : NISD [in Ukrainian].

5. Konventsia pro osib z invalidnistiu. Rezoliutsiia Heneralnoi asamblei OON № 61/106, pryiniata na shistdesiat pershii sesii HA OON 2006 r. [Convention on Persons with Disabilities. UN General Assembly Resolution No. 61/106]. Retrieved from <http://zakon1.rada.gov.ua> [in Ukrainian].
6. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy № 1652 vid 29.11.06, Pro zatverdzhennia Poriadku zabezpechennia okremykh katehorii naseleння tekhnichnymy ta inshymy zasobamy reabilitatsii i formuvannia vidpovidnoho derzhavnogo zamovlennia, pereliku takykh zasobiv. (iz zminamy: № 1015 1015-2008-p vid 12.11.08, № 318 318-2009-p vid 08.04.2009). (2025) [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1652 dated 29 November 2006, On Approval of the Procedure for Providing Certain Categories of the Population with Technical and Other Means of Rehabilitation and Forming the Corresponding State Order, List of Such Means. (as amended: No. 1015 1015-2008-p of 12 November 2008, No. 318 318-2009-p of 8 April 2009)]. Retrieved from Retrieved from: <http://zakon1.rada.gov.ua> [in Ukrainian].
7. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy Pro zatverdzhennia Natsionalnoi ekonomichnoi stratehii na period do 2030 roku, vid 3 bereznia 2021 № 179. (2021). [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine On Approval of the National Economic Strategy for the Period until 2030, dated 3 March 2021 No. 179.] Retrieved from <http://zakon1.rada.gov.ua> [in Ukrainian].
8. “Accessibility to the City” Award. Retrieved from: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/policies/justice-and-undamental-rights/disability/access-city-award\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/policies/justice-and-undamental-rights/disability/access-city-award_en) [in English].
9. THE DANISH BUILDING REGULATIONS (BYGNINGSREGLEMENTET). Retrieved from: BR18, SECTION 235-239 [in English].
10. Rezultaty v mezhakh initsiatyvy pershoi ledi Oleny Zelenskoï «Bez barieriv». [Results within the framework of First Lady Olena Zelenska’s initiative “Without Barriers”]. Retrieved from: <https://bf.in.ua/barrier-free-products/> [in Ukrainian].
11. Chichel, O. Arkhitekturna dostupnist ta bezbariernist prostoru yak forma realizatsii kontseptsii inkluzii u suspilstvi. [Architectural accessibility and barrier-free space as a form of implementing the concept of inclusion in society]. Retrieved from: <http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/27311/1/Hihel.pdf> [in Ukrainian].
12. Azin, V. O., Baida, L. Iu., Hrybalskyi, Ya. V., Krasiukova-Enns, O. V. (2013). *Navchalno Dostupnist ta universalnyi dyzain: navch.-metod. posib./za zah. red. Baidy L. Iu., Krasiukovoi-Enns O. V.* [Accessibility and universal design]. Kyiv [in Ukrainian].
13. DBN V.2.2-40:2018. Inkluzyvnist budivel i sporud. Osnovni polozhennia. [Chynnyi vid 01.04.2019] [DBN V.2.2-40:2018. Accessibility of buildings and structures. Basic provisions. [Effective from 01.04.2019]]. Official edition. Kyiv – Vyd. Of its [in Ukrainian].
14. Pro vnesennia zmin do Zakonu Ukrainy “Pro rehuliuвання mistobudivnoi diialnosti” shchodo posylennia zakhystu osib z invalidnistiu ta inshykh malomobilnykh hrup naseleння pry zdiisnenni mistobudivnoi diialnosti vid 16 sichnia 2020 roku [On amendments to the Law of Ukraine ‘On Regulation of Urban Development’ regarding strengthening the protection of persons with disabilities and other low-mobility groups of the population in the implementation of urban development activities dated 16 January 2020]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473-20#Text> [in Ukrainian].
15. DBN V.2.2-40:2018. Inkluzyvnist budivel i sporud. Osnovni polozhennia. Zmina № 1. [Chynnyi vid 01.09.2022] [DBN V.2.2-40:2018. Accessibility of buildings and structures. Basic provisions. Amendment No. 1. [Effective from 01.09.2022]. Kyiv, 2022.] Vyd. Of its [in Ukrainian].
16. DBN V.2.2-40:2018. Inkluzyvnist budivel i sporud. Osnovni polozhennia Zmina № 2. [Chynnyi vid 01.09.2025] [DBN V.2.2-40:2018. Accessibility of buildings and structures. Basic provisions. Amendment No. 2. [Effective from 01.09.2025]. Vyd. ofits. – Official edition [in Ukrainian].
17. Skrypka, N., Hrybalnytskyi, Ya., Azin, V. (2012). *Metodychnyi posibnyk, vydannia V (dopovnene) [Methodological guide, edition V (supplemented)25]*: Kyiv : VHSP “Natsionalna Asambleia invalidiv Ukrainy” [in Ukrainian].
18. Chichel, O. Arkhitekturna dostupnist ta bezbariernist prostoru yak forma realizatsii kontseptsii inkluzii u suspilstvi [Architectural accessibility and barrier-free space as a form of implementing the concept of inclusion in society]. Retrieved from: <http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/27311/1/Hihel.pdf> [in Ukrainian].
19. “Myr” (2024). *Zabezpechennia bezbariernosti miskoho seredovyscha yak umova realizatsii prav malomobilnykh hrup naseleння [Ensuring barrier-free urban environment as a condition for the realisation of the rights of people with reduced mobility]*. Nizhyn [in Ukrainian].
20. Dorofiev, V. S. *Vysnovok shchodo obstezhennia audytornoho korpusu ONMU [Conclusion on the inspection of the lecture hall building ONMU]*, Odesa, 2019 r.
21. Zakon Ukrainy vid 16.08.2022 № 2530-IX “Pro rehuliuвання mistobudivnoi diialnosti” [Law of Ukraine No. 2530-IX dated 16 August 2022 ‘On the Regulation of Urban Development Activities’]. Retrieved from: <http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/27311/1/Hihel.pdf> [in Ukrainian].
22. Zakon Ukrainy “Pro osnovy sotsialnoi zakhyshchenosti osib z invalidnistiu v Ukraini” Nazva Zakonu iz zminamy, vnesenymy zghidno iz Zakonom № 2249-VIII vid 19.12.2017) [Law of Ukraine ‘On the Fundamentals of Social Protection of Persons with Disabilities in Ukraine’ {Title of the Law as amended by Law No. 2249-VIII of 19 December 2017}. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/875-12#Text>

## TRANSFORMATION OF THE URBAN ENVIRONMENT TOWARDS BARRIER-FREE ACCESS

**Abstract.** *Creating a barrier-free urban environment is a key priority of contemporary urban policy and social inclusion. This transformation involves not only adapting infrastructure for people with disabilities, but also ensuring comfortable and safe access to all urban services and spaces for all*

*groups with reduced mobility, including older people, pregnant women, parents with prams and people with temporary health limitations. The economic, political and social success of a state depends on continuous development and transformation.*

*The social and economic value of an inclusive city is undeniable. It not only improves the quality of life for the most vulnerable segments of the population, but also contributes to the overall development of the community, strengthening trust and social cohesion. Creating a barrier-free environment is an investment in sustainable development that provides equal opportunities and comfort for every resident without exception.*

*The National Strategy for Creating a Barrier-Free Environment in Ukraine and the relevant state building codes lay the legal foundation for these changes, making accessibility requirements mandatory for new construction, reconstruction, and major repairs of facilities.*

*Today, the main models of social relations in modern communities with regard to people with disabilities are inclusion, based on the recognition of personal human differences and the guarantee of equal rights. The main concept of the inclusive method is that instead of people adapting to social and economic relations, society must create appropriate conditions to meet the needs of each individual. Creating an accessible environment for all members of local communities is a social asset and is closely linked to the socio-economic progress of the entire state, as it directly influences the involvement of persons with disabilities in the full range of human rights and plays an important role in shaping an inclusive society as a whole.*

*Social inclusion is the process of creating a society for all, in which every person, regardless of their individual differences (physical, social, cultural, economic, etc.), has equal rights, opportunities and resources to participate fully in all aspects of life. This concept goes beyond simple tolerance and involves the active removal of systemic barriers and discrimination. The introduction of accessibility in urban development is particularly relevant in modern Ukraine.*

*The Russian-Ukrainian war has further emphasized the need to implement the concept of an inclusive environment in the development of Ukrainian cities.*

**Key words:** *inclusive environment, accessibility, universal design, social inclusion, social security of the state.*

#### **Zinchenko H. V.**

Candidate of Technical Sciences, Lecturer at the Department of Construction, Architecture and Design at the Institute of Digital Technologies, Design and Transport  
Odessa National Polytechnic University, Odessa

#### **Dorofeev V. S.**

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Construction, Architecture and Design at the Institute of Digital Technologies, Design and Transport  
Odessa National Polytechnic University, Odessa

#### **Pushkar N. V.**

Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Reinforced Concrete Structures and Transport Structures, Engineering and Construction Institute  
Odessa State Academy of Building and Architecture, Odessa



*Дата надходження статті: 24.10.2025*

*Прийнято: 17.11.2025*

*Опубліковано: 30.12.2025*

**Лещинер О. Л.**

спеціаліст, генеральний директор BWDS LLC (USA), Лексінгтон, США

ORCID: 0009-0003-1082-6797

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІКОННИХ І ФАСАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ УКРАЇНИ, ЄВРОПИ ТА США

**Анотація.** У статті проведено порівняльний аналіз віконних та фасадних технологій, що використовуються в Україні, Європі та США, з фокусом на енергоефективність, економічну доцільність та екологічну безпеку. Особлива увага приділяється впливу цих технологій на енергоспоживання будівель, покращення їх тепло- та звукоізоляційних характеристик, а також зниження витрат на опалення та кондиціонування. В Україні акцент зроблено на інноваційних методах монтажу та безрамних фасадах, зокрема технології Aestech, що дозволяють покращити енергоефективність. У США основний фокус ставиться на розвитку смарт-вікон, зокрема електрохромних вікон, здатних автоматично змінювати свою прозорість в залежності від температури та освітленості, що значно знижує енергоспоживання. Європа є лідером у впровадженні складних фасадних систем, таких як трислойні склопакети з високими теплоізоляційними властивостями, і смарт-вікон з електрохромними покриттями, що дозволяє знизити витрати на опалення та кондиціонування, покращуючи комфорт у будівлях. Порівняльний аналіз демонструє, що кожен регіон має свої підходи до енергоефективності та інновацій у будівництві, сприяючи підвищенню рівня комфорту, зниженню витрат на енергію та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Окремо розглядається, як адаптація передових міжнародних технологій до українських умов може сприяти значному покращенню енергоефективності та екологічної безпеки вітчизняного будівництва, що, в свою чергу, підвищить конкурентоспроможність українських будівельних послуг на світовому ринку. Адаптація передових технологій із Європи та США до українських умов дозволить значно підвищити енергоефективність та екологічність вітчизняного будівництва. Інтеграція інноваційних технологій дасть поштовх для зростання екологічної свідомості споживачів та будівельних компаній в Україні.

**Ключові слова:** віконні технології, фасадні системи, енергоефективність, інновації у будівництві, порівняльний аналіз, Україна, Європа, США.

**Постановка проблеми.** По суті, енергетичні та екологічні характеристики будівель значною мірою залежать від сучасних будівельних технологій, зокрема віконних та фасадних систем. Зі світовим рухом до скорочення споживання енергії та підвищення енергоефективності будівель, роль віконних та фасадних технологій перетворюється на основний фактор, що впливає на комфорт та експлуатаційні витрати будівель. Фактично, саме вони є елементами, які майже повністю визначають теплоізоляційні характеристики, рівень шуму та, водночас, вплив на зовнішній вигляд та термін служби матеріалів будівлі. Енергоефективні будівлі, особливо за рахунок удосконалених технологій фасадів та вікон, є предметом гарячих дискусій в Україні. Тим не менш, місцеві технології часто відстають

від світових, і це є результатом подвійного бар'єру – економічного та технологічного. Використання старих матеріалів разом із методами встановлення фасадів та вікон у будівництві, які загалом невідомі, призводить до високих витрат енергії, низької теплової ефективності та погіршення стану навколишнього середовища.

Тим часом, європейські країни та Сполучені Штати Америки також просуваються у впровадженні нових та сучасних технологічних рішень для вікон та фасадів, які дозволяють знизити споживання енергії в будівлях та зробити їх більш функціональними та довговічними. Різні європейські країни, включаючи Німеччину, Швецію та Австрію, були першими у демонстрації ефективності використання багатошарових вікон,

фасадних систем з високою теплоізоляцією та використання відновлюваних матеріалів. З іншого боку, у Сполучених Штатах відбувається швидкий розвиток технологій автоматизації для встановлення вікон та фасадних конструкцій, що, як наслідок, призводить до зниження витрат на робочу силу та збільшення швидкості роботи.

Аналіз технологій віконних та фасадних систем, що використовуються в Україні, Європі та США, необхідний для розробки оптимальних рішень щодо адаптації передових практик до вітчизняного будівельного ринку. Це підвищить енергоефективність, знизить витрати на експлуатацію будівель та сприятиме захисту навколишнього середовища. Порівняльний аналіз технологій цих країн дозволяє не лише виявити найефективніші методи, але й допомагає визначити шляхи адаптації міжнародного досвіду до українських умов. Таким чином, вивчення та впровадження новітніх віконних та фасадних технологій у будівництві є важливою складовою стратегії розвитку енергозбереження в Україні, що вимагає детального порівняння досвіду інших країн та оцінки можливих шляхів інтеграції цих технологій у національну будівельну практику.

**Мета роботи.** Метою дослідження є порівняння віконних і фасадних технологій, які застосовуються в Україні, Європі та США, з точки зору енергоефективності, економічної доцільності та екологічної безпеки. Завданням є визначення кращих практик та рекомендацій щодо впровадження найефективніших технологій у будівництві в Україні.

**Аналіз останніх досліджень.** У сучасному будівництві віконні технології займають важливе місце в контексті енергозбереження та енергоефективності. Вони значно впливають на зниження енергоспоживання в будівлях та підвищення комфорту їх мешканців. Останні досягнення у цій галузі показують різноманітні інновації, які активно розвиваються як в Україні, так і за кордоном, зокрема в Європі та США. В Україні одним із значних інноваційних досягнень є технології компанії Aestech, яка розробила унікальні безрамні скляні фасадні системи на основі склопакетів підвищеної міцності [1]. Важливою перевагою таких систем є значне покращення естетики будівель, оскільки відсутність металевих конструкцій надає фасадам «легкий» вигляд

і зменшує візуальне спотворення від віддзеркалення скла. Технологія дозволяє створювати більш прозорі, естетично привабливі та енергоефективні фасади, що робить її важливим кроком у розвитку будівельних технологій в Україні [1].

У США наука також не стоїть на місці. Вчені розробили нове рішення, яке вирішує проблему одночасного контролю за видимим світлом та інфрачервоним випромінюванням (ІЧ), що є викликом для традиційних смарт-вікон [2]. Основною інновацією є використання поверхні з оксиду ванадію, що дозволяє значно покращити блокування ІЧ-випромінювання, прискорити реакцію вікон і зменшити потребу в матеріалах. Це дозволяє смарт-вікнам стати більш енергоефективними та комфортними для використання. Така технологія може зменшити витрати на кондиціонування повітря влітку та обігрів взимку, ефективно використовуючи зовнішнє тепло [2]. Дослідження також показує, що впровадження цієї технології може зменшити витрати на енергію на 20 % порівняно з традиційними вікнами та знизити викиди вуглекислого газу в США на 73 мільйони метричних тонн щорічно [2]. Однак, вчені зазначають, що ще потрібно доопрацювати деякі аспекти, такі як покращення дизайну нанопаретону, для того, щоб технологія стала практично цінною. Вікна є одними з основних елементів, що впливають на енергоефективність будівель, оскільки вони спричиняють близько 4 % загального енергоспоживання Європи через надмірні втрати та набуття тепла. Тому зменшення енергетичних витрат через вдосконалення технологій вікон є важливим завданням [3]. Технологічний розвиток вікон почався з переходу від однокамерних до двокамерних і трьохкамерних склопакетів, що вже значно покращило енергоефективність. Однак справжня революція чекає на ринку завдяки «смарт-вікнам», які дозволяють контролювати або зберігати світло та тепло, що проникають ззовні [3].

Такі вікна очікується ввести в стандартний асортимент продукції на ринку. Згідно з прогнозами, глобальний ринок електрохромних (ЕС) стекол і плівок, які можуть блокувати до 98 % сонячного випромінювання за допомогою ручного перемикача, досягне доходу в EUR 580 мільйонів до 2024 року [3]. Інші технології смарт-вікон, такі як фото- та тер-

мохромні матеріали, SPD (системи з підвищеними частинками), PDLC (рідкокристалічні плівки), гідрогелі, піксельні технології та мікроштори, збільшать цей показник до понад EUR 650 мільйонів. Європейський Союз активно підтримує розвиток цієї галузі, допомагаючи своїм виробникам готуватися до майбутнього попиту. Через ініціативи, як CORDIS, ЄС сприяє розробці нових технологій, таких як вдосконалені ЕС-плівки, легкі матеріали, квадруплексні склопакети, рішення для збору енергії та інші інновації в області утеплення і енергоефективності [3]. Це дасть можливість європейським виробникам зайняти значну частку на зростаючому ринку смарт-вікон, що відіграватиме важливу роль у досягненні цілей ЄС щодо зниження енергоспоживання та викидів CO<sub>2</sub>.

**Результати досліджень.** У США активно використовуються смарт-вікна, зокрема електрохромні (ЕС) скла та плівки, які можуть автоматично регулювати свою прозорість залежно від температури та освітленості [2]. Це дозволяє знизити витрати на кондиціювання влітку та опалення взимку, покращуючи загальну енергоефективність будівель. Важливим є також розвиток технологій, що дозволяють інтегрувати сонячні панелі в смарт-вікна для оптимізації енергоспоживання. Європа є лідером у розробці технологій смарт-вікон і інноваційних фасадних систем. Використовуються електрохромні плівки, фото- та термохромні матеріали, а також безрамні скляні фасадні системи, які дозволяють значно знижувати споживання енергії завдяки контролю тепла і світла [3]. Важли-



Рис. 1. Технологія STV [4]

вою є технологія STV (суха статична вклейка склопакетів), що дозволяє виготовляти великогабаритні вікна, покращуючи їх теплоізоляційні характеристики і зменшуючи ризик провисання ступок, що також позитивно впливає на енергоефективність будівель [4]. На рис. 1 відображено технологію STV.

В Україні активно розвиваються сучасні технології, що зменшують енергоспоживання через покращення теплоізоляції та інноваційний монтаж. Однією з таких технологій є «Тепле вікно» (АТТВ), що полягає у використанні віконних стрічок для «теплого монтажу» вікон і дверей, що забезпечує герме-



Рис. 2. Технологія тепле вікно компанії «Alenor» [5]



Рис. 3. Безрамне скління Aestech [6]

тичність монтажного шва і значно покращує теплоізоляційні характеристики конструкцій [5]. На рис. 2 відображено технологію тепле вікно компанії «Alenor».

Відома компанія Aestech, також активно розвиває нові технології вікон. Aestech пропонує безрамні скляні фасадні системи, що забезпечують підвищену тепло- та звукоізоляцію, а також дозволяють зберігати більше внутрішнього простору завдяки відсутності металевих конструкцій. Такий підхід дозволяє не тільки покращити енергоефективність, але й створювати більш естетичні та функціональні фасади будівель. На рис. 3 відобра-

жено частину структури системи безрамного скління Aestech.

Системи Aestech доцільно застосовувати в сучасних архітектурних рішеннях, де важлива мінімізація металевих елементів і максимальне використання природного освітлення [6].

**Висновки.** Всі три регіони – Україна, США та Європа – активно впроваджують новітні технології для покращення енергоефективності будівель, зокрема шляхом удосконалення віконних та фасадних конструкцій. Україна сфокусована на інноваційних методах монтажу та вдосконаленні теплоізоляційних характеристик, зокрема застосовує технології безрамного

Таблиця 1. Порівняння технологій України, США та Європи

Аспект	Україна	США	Європа
Технології	АТТВ, безрамні системи Aestech	Смарт-вікна, сонячні панелі	Смарт-вікна, безрамні фасади
Енергоефективність	Теплоізоляція, покращення монтажу	Регулювання прозорості, зниження витрат	Високий контроль тепла та світла
Інноваційність	Нові методи монтажу, великі вікна	Інтеграція смарт-вікон і панелей	Інновації в фасадах і матеріалах
Екологічний вплив	Зниження енергоспоживання через теплоізоляцію	Зменшення CO <sub>2</sub> через смарт-технології	Зниження CO <sub>2</sub> , сталий розвиток
Фасадні системи	Безрамні системи Aestech	Сонячні панелі на фасадах	Безрамні фасади з кращою теплоізоляцією
Технічні переваги	Вища теплоізоляція, міцність	Відсутність металевих конструкцій	Вища тепло- та звукоізоляція

скління від Aestech, які значно покращують енергоефективність будівель і естетичні якості фасадів. Одним із прикладів успішного впровадження таких технологій є проєкт Chicago Cube в Києві, який наочно демонструє ефективність безрамних систем у сучасному будівництві та їх здатність знижувати енергоспоживання. США, в свою чергу, фокусуються на розвитку смарт-вікон, що включають технології електрохромних вікон, здатних автоматично змінювати свою прозорість залежно від зовнішніх умов, зменшуючи проникнення сонячного тепла і, відповідно, знижуючи витрати на кондиціонування. В США активно інтегру-

ються сонячні панелі в будівельні конструкції, що дозволяє ще більше знижувати енергетичні витрати. Європа залишається лідером у впровадженні складних фасадних та віконних технологій, зокрема в країнах, таких як Німеччина, Швеція та Австрія, де використовуються тришарні склопакети та вікна з електрохромними покриттями, що забезпечують не тільки високу теплоізоляцію, а й регулюють потік світла та знижують споживання енергії. Дані технології не тільки зменшують витрати на опалення та кондиціонування, а й допомагають зменшити негативний вплив будівель на навколишнє середовище.

### Література

1. Aestech. Українські інноваційні будівельні технології представлять у Сингапурі. URL: <https://delo.ua/realty/ukrayinski-innovaciini-budivelni-technologiyi-predstavlyat-u-singapuri-422498/>
2. Jampol N. Scientists develop next-gen window technology that could solve major energy problem: 'A significant advancement'. URL: <https://www.thecooldown.com/green-tech/smart-windows-technology-heat-light/>
3. Smart windows: A no-brainer for future buildings. CORDIS. EU research results. URL: <https://cordis.europa.eu/article/id/400002-smart-windows>
4. Gealan. STV. URL: <https://www.gealan.de/de/innovationen/statik-stv/>
5. Аленор. Технологія тепле вікно. URL: <https://alenor.ua/alenor-tehnologiya-teple-vikno/>
6. Технологія безрамного скління Aestech. URL: <https://aestech.com/uk>

### References

1. Aestech. Ukrainian innovative building technologies to be presented in Singapore. Retrieved from: <https://delo.ua/realty/ukrayinski-innovaciini-budivelni-technologiyi-predstavlyat-u-singapuri-422498/>
2. Jampol N. Scientists develop next-gen window technology that could solve major energy problem: 'A significant advancement'. Retrieved from: <https://www.thecooldown.com/green-tech/smart-windows-technology-heat-light/>
3. Smart windows: A no-brainer for future buildings. CORDIS. EU research results. Retrieved from: <https://cordis.europa.eu/article/id/400002-smart-windows>
4. Gealan. STV. Retrieved from: <https://www.gealan.de/de/innovationen/statik-stv/>
5. Alenor. Warm window technology. URL: <https://alenor.ua/alenor-tehnologiya-teple-vikno/>
6. Aestech frameless glazing technology. URL: <https://aestech.com/uk>

## COMPARATIVE ANALYSIS OF WINDOW AND FACADE TECHNOLOGIES IN UKRAINE, EUROPE AND THE USA

**Abstract.** *The article provides a comparative analysis of window and facade technologies used in Ukraine, Europe, and the USA, with an emphasis on energy efficiency, economic feasibility, and environmental safety. Particular attention is paid to the impact of these technologies on the energy consumption of buildings, improving their heat and sound insulation characteristics, as well as reducing heating and air conditioning costs. In Ukraine, the emphasis is on innovative installation methods and frameless facades, in particular Aestech technologies, which allow for improved energy efficiency. In the USA, the main focus is on the development of smart windows, in particular electrochromic windows, capable of automatically changing their transparency depending on temperature and light, which significantly reduces energy consumption. Europe is a leader in the implementation of complex facade systems, such as triple-glazed windows with high thermal insulation properties, and smart windows with electrochromic coatings, which allows for reduced heating and air conditioning costs, improving comfort in buildings. The comparative analysis demonstrates that each region has its own approaches to energy efficiency and innovations in construction, contributing to an increase in the level of comfort, reducing energy costs and reducing the negative impact on the environment. It is separately considered how the adaptation of advanced international technologies to Ukrainian conditions can contribute to a significant improvement in the energy efficiency and environmental safety of domestic construction, which, in turn, will increase the competitiveness of Ukrainian*

*construction services in the world market. The adaptation of advanced technologies from Europe and the USA to Ukrainian conditions will significantly increase the energy efficiency and environmental friendliness of domestic construction. The integration of innovative technologies will give impetus to the growth of environmental awareness of consumers and construction companies in Ukraine.*

***Key words: window technologies, facade systems, energy efficiency, innovations in construction, comparative analysis, Ukraine, Europe, USA.***

**Leshchyner O. L.**

Specialist, CEO BWDS LLC (USA), Lexington, USA



*Дата надходження статті: 20.10.2025*

*Прийнято: 11.11.2025*

*Опубліковано: 30.12.2025*

UDC 693.9:69.059:691.327:69.001.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2025.47.2025.4>

**Meneiliuk O. I.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction Technology  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa  
ORCID: 0000-0002-1007-309X

**Russyi V. V.**

PhD, Senior Lecturer at the Departments of Construction Technology and Chemistry and Ecology  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa  
ORCID: 0000-0002-5884-2097

**Bochevar K. I.**

PhD, Senior Lecturer at the Departments of Construction Technology  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa  
ORCID: 0000-0003-4589-8080

## FRAMED STAY-IN-PLACE FORMWORK: EFFICIENCY AND IMPLEMENTATION

**Abstract.** *The article investigates the efficiency of constructing enclosure structures made of lightweight concrete using framed stay-in-place formwork with a light gauge steel framing system (LGSF), and examines the experience of applying the obtained results at active construction enterprises, including within the context of Ukraine's recovery and rebuilding.*

*The relevance of the chosen topic is determined by the urgent need for rapid and resource-efficient construction, recovery, and rebuilding of residential and public buildings. The application of combined technologies is proposed as an effective solution for reducing construction timeframes, labor intensity, and overall costs without compromising quality.*

*The research combines logical-analytical and systems-based methods. As a result, the most effective organizational and technological model for constructing residential complexes using framed stay-in-place formwork based on LGSF was identified. A comprehensive evaluation of the technical and economic indicators was performed. In particular, it was established that, compared to the baseline (design) solution, the application of the developed technologies and the optimization of organizational and technological processes can: reduce construction duration by up to 70 %; increase profitability up to 41.8 % and lower total construction costs, including financing through loans, by 21.5 %.*

*An analysis was conducted on the implementation of two developed solutions – “Building Wall” (UA149402) and “Framed Stay-in-Place Formwork System” (UA154847) – at multiple real construction sites in Odessa and the Odessa region. The article presents photographic documentation of the assembly process and a visual analysis of how the developed technologies align with practical implementation.*

*The prospects for further scientific research are outlined, including the search for effective solutions for the construction, repair, rehabilitation, and rebuilding of buildings using stay-in-place formwork and light gauge steel framing.*

**Key words:** *light gauge steel framing (LGSF), framed stay-in-place formwork, enclosure structures, organizational and technological modeling, optimization, repair, rehabilitation, rebuilding, fast-assembly elements.*

**Introduction.** In Ukraine, there are over one hundred thousand damaged or destroyed buildings that require urgent and high-quality repair or rebuilding. The demand for the construction (rebuilding) of new fast-assembly

housing is constantly increasing, particularly for internally displaced persons and those who have lost their homes entirely. Equally important is the repair or rebuilding of damaged or destroyed public buildings (such as office centers, higher

education institutions), warehouses, industrial facilities, and other structures. These types of facilities require construction technologies that minimize downtime and allow for the rapid restoration of operational functionality.

In this context, the search for and implementation of effective construction technologies capable of reducing project duration and costs without compromising quality is critically important. One of the most efficient methods for rapid repair and construction – already proven on the construction market – is the use of light gauge steel framing (LGSF) for fast-assembly structural systems. In addition, in the field of cast-in-place construction, the technology of stay-in-place formwork is gaining increasing popularity.

The combination of these two technologies – framed construction using LGSF and stay-in-place formwork – and their industrial-level application significantly increases the effectiveness of repair and construction activities by reducing costs, labor intensity, and execution time compared to traditional structural and technological approaches.

In this context, the issue of optimization becomes highly relevant. When using such technologies, optimization enables the identification of the most effective organizational and technological models (i.e., work execution schedules) considering real-world constraints. Determining optimal models and testing work organization scenarios using modern software tools improves the manageability of construction processes and ensures maximum efficiency under limited-resource conditions – an especially important factor during large-scale recovery efforts.

Therefore, the study and implementation of framed construction technologies using LGSF and stay-in-place formwork for casting lightweight concrete mixtures is of high **relevance** for active construction companies. **The practical results** of implementing such technologies and their corresponding effective organizational and technological models are particularly valuable. This is evidenced by the obtained patents and the successful application of the researched solutions across construction projects of various functional purposes under real-world conditions.

**Materials and methods.** The study employed a combination of logical-analytical and systems-based methods aimed at evaluating the efficiency of the construction technology for enclosure

structures using framed stay-in-place formwork with light gauge steel framing (LGSF).

At the initial stage, logical-analytical and systems approaches were applied to select the most effective organizational and technological model by generalizing and analyzing the results of previous research.

In addition to theoretical analysis, an empirical assessment of the implementation experience of the stay-in-place formwork technology utilizing LGSF framing was conducted across several construction sites. This involved collecting and systematizing photographic documentation from completed projects, demonstrating key stages of the system's assembly process, including the installation of thermal profiles, mounting of stay-in-place formwork panels, fastening of U-shaped elements, and more.

The collected visual materials served as the basis for a visual-analytical assessment of the compliance of actual solutions with the developed technologies and research outcomes, as well as confirmation of the practical feasibility of the proposed solutions. Photographic documentation was performed directly on construction sites during the implementation of the proposed technologies.

#### **Analysis of recent research and publications.**

As noted in the introduction, the application of framed technologies (using LGSF) combined with stay-in-place formwork represents a widely accepted solution for repair and rebuilding (construction). Consequently, many researchers and construction professionals have studied these technologies both separately and in combination.

Regarding the implementation of advanced practices, doctor of technical sciences, professor V. Saviiovskiy in [1] considers the use of stay-in-place formwork as a variant of precast-monolithic structures.

In [2], doctor of technical sciences, professor I. Shumakov and PhD candidate V. Buhaiievski investigate the optimization of parameters in repair and construction works, as well as effective structural and technological solutions for the repair and reinforcement of bridge pier structures using stay-in-place formwork. The study also addresses the reduction of repair duration and the improvement of load-bearing capacity and service life of bridges by applying stay-in-place formwork alongside optimization measures.

Researchers P. Koval and S. Stoyanovich from the Kyiv national university of construction and

architecture explored the use of composite panels as stay-in-place formwork in [3].

Scientists from the Ukrainian state university of science and technology examined the possibilities of utilizing local materials for the fabrication of stay-in-place formwork and its application in low-rise construction [4]. This is especially relevant under the resource constraints faced during Ukraine's rebuilding efforts.

Studies [5, 6] focus on the specific features of using profiled steel sheets as stay-in-place formwork in floor slab construction.

D. Khokhriakova in [7] analyzed the technological applicability of light gauge steel framing (LGSF) for prefab construction, focusing on fast-assembly buildings and structures.

**The purpose of the study** is to select the most effective organizational and technological model for the construction of residential complexes using stay-in-place formwork and light gauge steel framing (LGSF).

The following research **tasks** have been identified:

1. Based on the conducted optimization considering existing constraints, determine the most effective organizational and technological model for erecting a residential complex using stay-in-place formwork with an LGSF frame.

2. Perform a technical and economic assessment of the effectiveness of the conducted research.

3. Analyze the implementation of the research results in Odesa city and the Odesa region.

4. Identify promising directions for further scientific work considering the research outcomes.

**Scientific novelty.** For the first time, the most effective organizational and technological model for the construction of residential complexes using stay-in-place formwork and light gauge steel framing (LGSF), filled with lightweight expanded polystyrene concrete mixture, has been determined, taking into account existing financing methods.

**Presentation of the main material.** Previous studies [8–11] conducted numerical modeling based on the construction of the “Avignon” residential complex in Odesa. The construction study was performed using two patented solutions – “Building Wall” (UA 149402) and «Framed Stay-in-Place Formwork System» (UA 154847) [12, 13].

At the first stage of the research [9], an analysis of the effectiveness of known and developed

solutions was carried out using a multicriteria analysis methodology [14, 15].

After selecting the most effective solution for erecting enclosure structures, the second stage involved numerical modeling of key performance indicators using the example of the “Avignon” residential complex construction in Odesa [10–11]. The methodology of experimental-statistical modeling was applied [16, 17]. The studied indicators included “construction duration”, “average funding intensity”, “maximum funding intensity”, “construction cost”, “construction cost considering loan financing” and “profitability”. Variations of the factor space such as “work overlap” and “number of working hours per week” were also examined.

Study [11] investigated the obtained dependencies under the introduction of an existing constraint – the necessity to pay interest on loans. It was assumed that the “construction cost” component consisted of 10 % company's own funds and 90 % loan funds. The loan interest rate was set at 10 % per annum with a 1 % bank commission for monthly loan payments. Additionally, laboratory testing of the developed technologies was conducted [8].

Based on previous studies, this work selected the most effective organizational and technological model for constructing residential complexes using the developed solutions and performed a calculation of technical and economic efficiency.

The highest value of profitability ( $Y_4$ ) in the construction of the «Avignon» residential complex using stay-in-place formwork is  $Y_4 = 41.82\%$ . Accordingly, the factor values work overlap ( $X_1$ ) and number of working hours per week ( $X_2$ ) are  $X_1 = 85.21\%$  and  $X_2 = 80$  hours, respectively. Let us verify the feasibility of the selected most effective organizational and technological model by other key performance indicators. At these factor values, they are:

- construction duration ( $Y_1$ ):  $Y_1 = 272$  days (minimum value, thus most effective);

- average funding intensity ( $Y_{2,1}$ ) and maximum funding intensity ( $Y_{2,2}$ ):  $Y_{2,1} = 56.744$  million UAH/month and  $Y_{2,2} = 61.173$  million UAH/month, respectively (the least effective values in the absence of immediate larger funding portions; however, considering the presence of “conditionally fixed costs” and the existing constraint, these values are more reasonable as they allow faster building erection and earlier profit from housing sales);

– construction cost considering loan financing ( $Y_{3k}$ ):  $Y_{3k} = 632.485$  million UAH (minimum value, thus most effective).

Considering that all studied key performance indicators of the residential complex construction under the combined factor space of work overlap ( $X_1$ ) and number of working hours per week ( $X_2$ ) at values  $X_1 = 85.21\%$  and  $X_2 = 80$  hours are most effective, the organizational and technological model shown in figure 1 is finally adopted.

To determine the technical and economic efficiency of the research results, baseline (design) values of the performance indicators (at factor values work overlap ( $X_1$ ) = 74.61% and number of working hours per week ( $X_2$ ) = 40 hours) were compared with the indicator values of the selected most effective organizational and technological model (fig. 1):

- construction duration of the residential complex was reduced by 71.6 %;
- average and maximum funding intensity increased by 71.2 % and 71.7 %, respectively. However, this does not overall affect construction efficiency because it depends only on the availability of a larger volume of funding over a shorter period;
- total construction cost considering loan financing was reduced by 21.5 %;
- profitability of construction increased from 11.39 % to 41.82 %.

The following section reviews the implementation experience of the developed

technologies “Building Wall” (UA 149402) and “Framed Stay-in-Place Formwork System” (UA 154847) [12, 13], as well as outlines prospects for further research.

The first solution – UA 149402 «Building Wall» [12]. According to this solution, enclosure structures are constructed using stay-in-place formwork made of cement-bonded particle boards on a steel frame composed of bent galvanized profiles – LGSF (light gauge steel framing) – and filled with expanded polystyrene concrete.

The second improved solution – UA 154847 «Framed Stay-in-Place Formwork System» [13]. It differs from the first in that, instead of cement-bonded particle boards, thermal insulation panels made of expanded polystyrene are used on the exterior side as stay-in-place formwork, while moisture-resistant gypsum board is applied on the interior side.

Let us consider **examples** of the application of these developed solutions in the Odesa region and the city of Odesa. The first example is the construction of townhouses in the Club Marine residential complex (fig. 2). Additionally, these technologies were used in the construction of townhouses in the «Avignon» residential complex in Odesa on the Black Sea coast (fig. 3). Figures 2 and 3 demonstrate that these technologies have been implemented and are effectively used for erecting low-rise buildings along the Black Sea coast. Such solutions can also be applied in the rebuilding of destroyed buildings, as confirmed

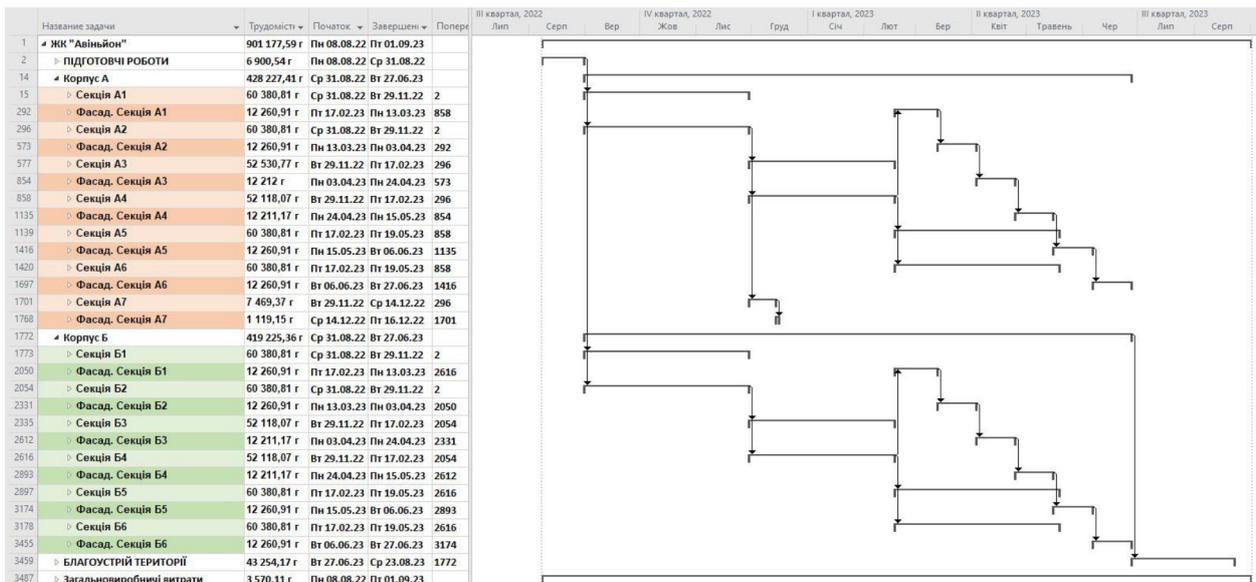


Fig. 1. The most effective organizational and technological model for constructing a residential complex using stay-in-place formwork, obtained considering existing constraints at factor values of “work overlap ( $X_1$ )”  $X_1 = 85.21\%$  and “number of working hours per week ( $X_2$ )”  $X_2 = 80$  hours (5 days, two-shift work, 8 hours each)



Fig. 2. Photographic documentation of the implementation results of the developed structural and technological solutions (construction of townhouses in the «Club Marine» residential complex) in Odesa city



Fig. 3. Photographic documentation of the implementation results of the developed structural and technological solutions (construction of townhouses near the «Avignon» residential complex in Odesa city)



Fig. 4. Photographic documentation of the implementation results of the developed structural and technological solutions (construction of a restaurant in Vilko, Odesa region)

by real-world implementation experience. For instance, in the city of Vilko, a restaurant was constructed within 3 months using the developed technologies (fig. 4).

Figure 3 illustrates the application of the second (modernized) solution, the “Framed Stay-in-Place Formwork System” (UA 154847). For the interior walls, moisture-resistant gypsum boards are used as stay-in-place formwork on both sides. For the exterior walls, expanded polystyrene panels are applied on the facade side, while moisture-resistant gypsum boards are installed on the interior side.

The implementation of the developed technologies, shown in figure 4, confirms that they can be used not only for low-rise residential buildings but also for public institutions.

The developed technologies have their own material base for the production of LGSF frame elements and are already proving themselves in the field of mass construction. Using these technologies, an entire settlement was erected in the village of Sukhy Lyman (fig. 5).

The next important direction for implementation and application is the construction of “lightweight upper floors” (fig. 6). This is especially relevant in the context of restoring damaged buildings.

Figure 6 demonstrates that the developed technologies can be used for superstructure

additions or as non-load-bearing enclosure structures in multi-storey public and residential buildings. In particular, they are applicable during the restoration of damaged buildings because these technologies are efficient and help reduce the load from the self-weight on the underlying structures.

The developed technologies and even further modernized versions of these technologies have already been implemented in a number of real construction projects. However, this article focuses on the key ones.

The developed technologies and even further modernized versions of these technologies have already been implemented in a number of real construction projects. However, this article focuses on the key ones.

**Implementation Confirmation.** The research was carried out within the framework of three research and development and experimental design works (R&D and Experimental Design Works) at the Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture (OSACEA):

1. R&D and Experimental Design Work No. 0124U004607: Structural and technological solutions for the installation of energy-efficient enclosure structures of buildings and facilities;

2. R&D and Experimental Design Work No. 0124U004596: Organizational and structural-technological solutions for the repair,

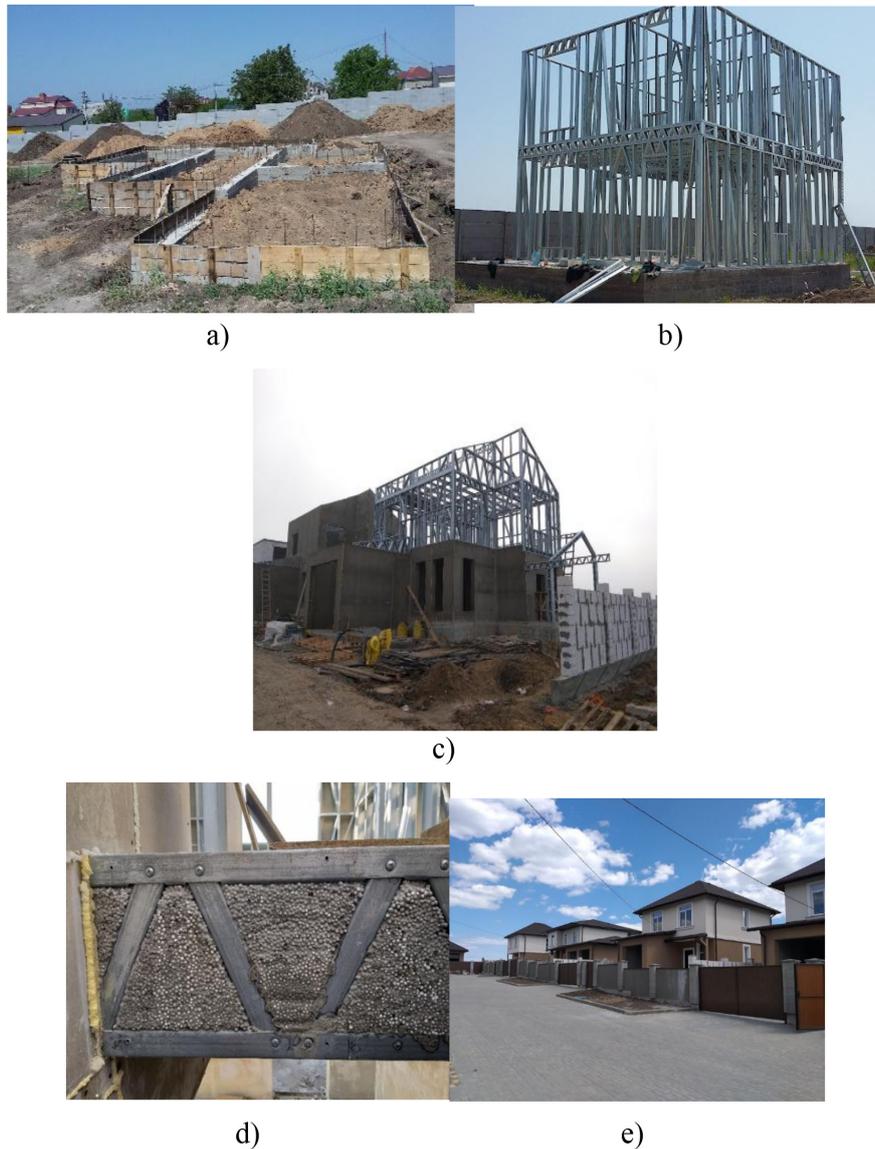


Fig. 5. Photographic documentation of the implementation results of the developed structural and technological solutions (construction of private buildings in the “Sukhy Lyman” settlement, Odesa region): a) – shallow strip foundation construction; b) – installation of the LGSF frame; c) – sheathing the LGSF frame with stay-in-place formwork made of cement-bonded particle boards on both sides; d) – concreting with expanded polystyrene concrete mixture according to the developed proprietary technology; e) – final finishing of private buildings

rehabilitation, and rebuilding of destroyed and damaged buildings and facilities;

3. R&D and Experimental Design Work No. 0121U111213: Development and optimization of organizational-technological and managerial solutions for construction and reconstruction.

The obtained research results make it possible to identify **promising directions** and form the basis for further scientific work in the field of erection, rebuilding, and repair of buildings using stay-in-place formwork and framed systems made of light gauge steel framing (LGSF).

The following directions for further research are highlighted:

1. Development of new and improvement of existing solutions for erecting framed enclosure structures made of LGSF and stay-in-place formwork, taking into account the obtained research results; determination of their efficiency and investigation of physical-mechanical characteristics.

2. Search for the most effective models for erection, repair, rehabilitation, and rebuilding of buildings using stay-in-place formwork.

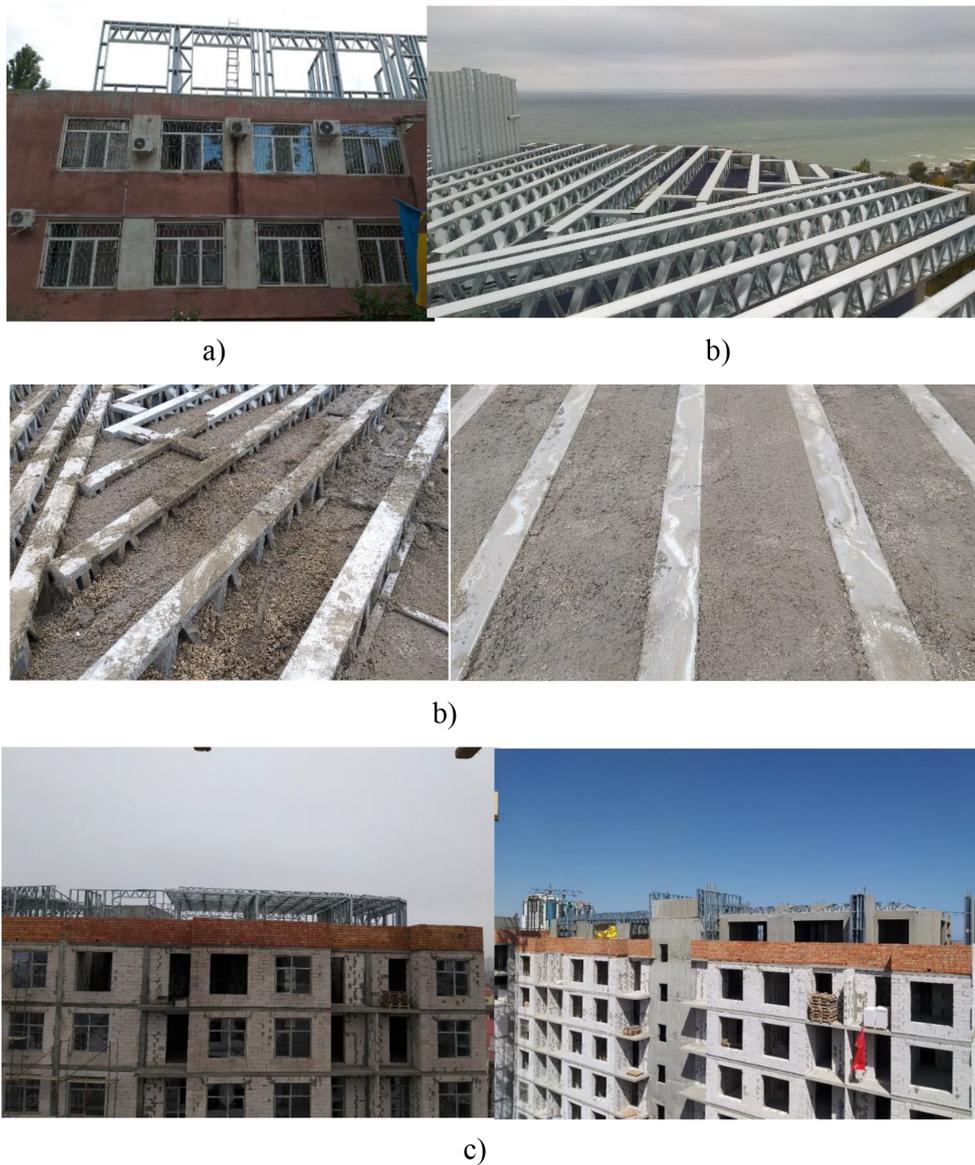


Fig. 6. Photographic documentation of the implementation results of the developed structural and technological solutions: a) construction of the 3rd floor addition in a kindergarten on Shevchenko Avenue in Odesa; b) erection of enclosure structures of the multi-storey “Avignon” residential complex in Odesa; c) addition of the top floor in the multi-storey building of the “Club Marine” residential complex in Odesa

3. Continuation of research on the implementation of obtained results into educational processes, scientific work, and further introduction into construction production

#### Conclusions

1. Based on the analysis of identified patterns and optimization performed (through the introduction of existing constraints), the most effective organizational and technological model (work execution schedule) for the erection of a residential complex using stay-in-place formwork was determined.

2. According to the calculation of the technical and economic efficiency from

numerical modeling and optimization, it was established that compared to the baseline (design) solution: the construction duration of the residential complex was reduced by 71.6 %; the total construction cost including credit financing was reduced by 21.5 %; and construction profitability increased from 11.39 % to 41.82 %.

3. The effectiveness of the research results has been confirmed by positive practical implementation experience in the educational process and the operations of several construction companies across multiple sites in the city of Odesa and Odesa region.

4. The obtained research results allowed the identification of promising directions for further scientific work in the search for effective solutions for the erection and rebuilding of buildings using stay-in-place formwork and a frame made of light gauge steel framing filled with lightweight polystyrene concrete mixture.

### Bibliography

1. Савйовський В. В. Аналіз та впровадження передового досвіду – запорука ефективності будівництва. *Будівельне виробництво*. № 67. 2019. С. 66–72. URL: <https://doi.org/10.36750/25242555.67.6672> (дата звернення: 21.01.2025).
2. Шумаков В. І., Бугаєвський В. О. Оптимізація параметрів ремонтно-будівельних робіт при відновленні залізобетонного шляхопроводу. *Будівельне виробництво*. № 77. 2024. С. 3–10. URL: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.77.3-10> (дата звернення: 21.01.2025).
3. Коваль П. М., Стоянович С. В. Використання композитних плит як незнімної опалубки при бетонуванні плити проїзної частини мостів. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2017. Вип. 1. С. 55–62. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/472> (дата звернення: 02.01.2025).
4. Дікарев К. Б., Мовчан О. Ю., Папірник Р. Б. Використання локальних матеріалів для виробництва незнімної опалубки для зведення малоповерхових будівель. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 6 (024). С. 144–151 URL: <https://doi.org/10.30838/UJSEA.2312.271224.144.1122> (дата звернення: 02.01.2025).
5. Семко О. В., Гасенко А. В., Фенко О. Г., Дарієнко В. В. Раціональне використання несучої здатності сталевих профільованих листів незнімної опалубки сталезалізобетонних перекриттів. *Центральноукраїнський науковий вісник*. 2022, Вип. 5 (36), ч. 2. С. 153–161. URL: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).2.153-161](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.153-161) (дата звернення: 21.01.2025).
6. Лапенко О. І. Сталезалізобетонні плити в незнімній опалубці. *Архітектура, будівництво, дизайн в освітньому просторі* : колективна монографія / За заг. ред. д-ра іст. н. В. В. Карпова Рига, Латвія : «Baltija Publishing», 2021. С. 236–263. URL: <https://eg.nau.edu.ua/handle/NAU/52349> (дата звернення: 21.01.2025).
7. Хохрякова Д. О. Фактори технологічності prefab-конструкцій із сталевих тонкостінних холодноформованих елементів. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2022. № 63. С. 358–371. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.63.358-371> (дата звернення: 21.01.2025).
8. Menevlyuk O., Bochevar K., Nikiforov O. Long-term thermal productivity of polystyrene concrete in a new composite wall in a fixed formwork. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. № 3 (195). P. 66–74. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-3/066> (дата звернення: 21.01.2025).
9. Menevlyuk O. I., Kyryliuk S. V., Bochevar K. I. Evaluation of the new constructive-technological solution of the fence structure in the non-removable formwork. *Modern construction and architecture*. 2022. № 2. P. 113–122. URL: <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2022-2-113-122> (дата звернення: 21.01.2025).
10. Меньлюк О. І., Бочевар К. І., Маньківська Д. А. Зміни рентабельності будівництва житлового комплексу «Авіньйон» під впливом організаційних факторів. *Будівельне виробництво*. 2022. № 74. С. 30–34. URL: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.74.30-34> (дата звернення: 21.01.2025).
11. Руссий В. В., Бочевар К. І. Моделювання показників ефективності зведення житлового комплексу «Авіньйон». *Сучасне будівництво та архітектура*. 2023. № 6. С. 123–132. URL: <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2023-6-123-132> (дата звернення: 21.01.2025).
12. Стіна будівлі: пат. 149402 Україна : E04C 2/00; E04C 2/292. № u 2021 00397 ; заявл. 02.02.2021 ; опубл. 17.11.2021, Бюл. № 46. 6 с. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1638660/> (дата звернення: 22.01.2025).
13. Система каркасної незнімної опалубки: пат. 154847 Україна : E04C 2/00; E04C 2/292. № u202203576; заявл. 26.09.2022; опубл. 27.12.2023, Бюл. № 52. 5 с. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1777345/> (дата звернення: 22.01.2025).
14. Меньлюк І. О., Руссий В. В. Багатокритерійний аналіз для вибору рішення укріплення схилу. *Технічні науки та технології*. 2020. Вип. 1, № 19. С. 337-344. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1\(19\)-337-344](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-337-344) (дата звернення: 22.01.2025).
15. Меньлюк О. І., Никифоров О. Л. Методичні вказівки з дисципліни «Інновації в будівництві». Одеса : ОДАБА, 2018. 54 с. URL: <http://ktsop.od.ua/files/KontrolnaInovatsii.pdf> (дата звернення: 22.01.2025).
16. Оптимізація організаційно-технологічних рішень реконструкції висотних інженерних споруд / О. І. Меньлюк та ін. К. : ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2016. 332 с. URL: <https://surl.li/fqqnuu> (дата звернення: 23.01.2025).
17. Вознесенський В. А., Ляшенко Т. В. ЕС-моделі «КОНСТАНТ» квазіфундаментальних моделей у комп'ютерному будівельному матеріалознавстві. *Науковий вісник будівництва*. 2007. Вип. 42. С. 39–45.

### References

1. Saviovskiy, V. (2019). Analysis and implementation of pre)experience – introduction of building efficiency. *Building production*, 67, 66–72. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.67.66-72> (accessed: 21.01.2025).
2. Shumakov, I., & Buhaievski, V. (2024). Optimization of the parameters of repair and construction works during the restoration of a reinforced concrete pipeline. *Building production*, 77, 3–10. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.77.3-10> (accessed: 21.01.2025).
3. Koval, P., & Stoyanovich, S. (2017). Using composite plates as a permanent formwork for concreting plate roadway of the bridge. *Budivelni konstruksii. Teoriya i praktyka*, 1, 55–62. Retrieved from: <https://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/472> (accessed: 02.01.2025).

4. Dikarev, K. B., Movchan, O. Yu., & Papirnyk, R. B. (2024). Utilization of local materials for permanent formwork production for low-rise building construction. *Ukrainian journal of civil engineering and architecture*, 6 (024), 144–151. <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.271224.144.1122> (accessed: 02.01.2025).
5. Semko, A., Hasenko, A., Fenko, O., & Dariienko, V. (2022). Profiled steel sheets of steel-reinforced concrete floors fixed formwork load-bearing capacity rational use. *Central ukrainian scientific bulletin*, 5 (36), ch. 2, 153–161. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).2.153-161](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.153-161) (accessed: 21.01.2025).
6. Lapenko, O. (2021). Steel-reinforced concrete slabs in fixed formwork. *Arkhitektura, budivnytstvo, dyzain v osvितnomu prostori : kolektyvna monohrafiya / Za zah. red. d-ra ist. n. V. V. Karpova. Ryga, Latvia : “Baltija Publishing”, 236–263. Retrieved from: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/52349> (accessed: 21.01.2025).*
7. Khokhriakova, D. (2022). Manufacturability factors of prefab – construction from steel thin-walled cold-formed elements. *Current problems of architecture and urban planning*, 63, 358–371. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2022.63.358-371> (accessed: 21.01.2025).
8. Menelyuk, O., Bochevar, K., & Nikiforov, O. (2023). Long-term thermal productivity of polystyrene concrete in a new composite wall in a fixed formwork. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, 3 (195), 66–74. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-3/066> (accessed: 21.01.2025).
9. Menelyuk, O. I., Kyryliuk, S. V., & Bochevar, K. I. (2022). Evaluation of the new constructive-technological solution of the fence structure in the non-removable formwork. *Modern construction and architecture*, 2, 113–122. <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2022-2-113-122> (accessed: 21.01.2025).
10. Meneiliuk, O., Bochevar, K., & Mankovskaia, D. (2022). Changes in profitability of the «Avignon» residential complex construction under the influence of organizational factors. *Building production*, 74, 30–34. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.74.30-34> (accessed: 21.01.2025).
11. Russyi, V. V., & Bochevar, K. I. (2023). Modeling performance indicators of building construction using non-removable formwork. *Modern construction and architecture*, 6, 123–132. <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2023-6-123-132> (accessed: 21.01.2025).
12. Stina budivli: pat. 149402 Ukrayina : E04C 2/00; E04C 2/292. № u 2021 00397 ; zayavl. 02.02.2021 ; opubl. 17.11.2021, Byul. № 46. 6 s. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1638660/> (accessed: 22.01.2025).
13. Systema karkasnoi neznimnoi opalubky: pat. 154847 Ukrayina : E04C 2/00; E04C 2/292. № u 202203576 ; zayavl. 26.09.2022 ; opubl. 27.12.2023, Byul. № 52. 5 s. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1777345/> (accessed: 22.01.2025).
14. Meneiliuk, I., & Russyi, V. (2020). Multi-criteria analysis for the selection of the decision for strengthening the slope. *Technical sciences and technologies*, 1 (19), 337–344. Retrieved from: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1\(19\)-337-344](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-337-344) (accessed: 22.01.2025).
15. Menelyuk, O. I., & Nikiforov, O. L. (2018). *Metodychni vkazivky z dystsipliny “Innovatsii v budivnytstvi”*. Odesa : OSACEA, 54 s. URL: <http://ktsop.od.ua/files/KontrolnaInovatsii.pdf> (accessed: 22.01.2025).
16. Menelyuk, O. I. et al. (2016). Optymizatsiya orhanizatsiyno-tekhnologichnykh rishen rekonstruktsii vysotnykh inzhenernykh sporud / K. : TOV NVP “Interservis”, 332 s. URL: <https://surl.li/fqqnuy> (accessed: 23.01.2025).
17. Voznesenskiy, V. A., & Lyashenko, T. V. (2007). ES-modeli “KONSTANT” kvazifundamentalnykh modelei u kompiuternomu budivel’nomu materialoznavstvi. *Scientific bulletin of construction*, 42, 39–45.

## КАРКАСНА НЕЗНІМНА ОПАЛУБКА: ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ

**Анотація.** У статті досліджено ефективність зведення огорожувальних конструкцій з легких бетонів в незнімній опалубці з каркасом із ЛСТК (легких сталевих тонкостінних конструкцій) та досвід використання отриманих результатів на діючих будівельних підприємствах. В тому числі у розрізі відбудови України.

Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю оперативного та ресурсоефективного будівництва, відбудови та відновлення житлових і громадських будівель. Запропоновано застосування комбінованих технологій як ефективного рішення для скорочення строків, трудомісткості та вартості робіт без втрати їх якості.

У межах дослідження реалізовано поєднання логіко-аналітичного та системного методів. За результатами дослідження визначено найефективнішу організаційно-технологічну модель зведення житлових комплексів із використанням каркасної (із ЛСТК) незнімної опалубки. Виконано оцінку техніко-економічних показників результатів досліджень. Зокрема встановлено, що в результаті застосування розроблених технологій та проведення оптимізації організаційно-технологічних рішень порівняно з базовим (проектним) рішенням можливо: скоротити тривалість будівництва на 70 %, рентабельність збільшити до 41,8 % та загальну вартість будівництва з урахуванням залучення кредитних коштів знизити на 21,5 %.

Проведено аналіз впровадження двох розроблених рішень («Стіна будівлі» UA149402 та «Система каркасної незнімної опалубки» UA154847) на багатьох об’єктах реального будівництва в м. Одеса та Одеській області. Наведено результати фотофіксації процесу монтажу та візуального аналізу відповідності розроблених технологій практичним рішенням.

*Визначено перспективи подальших наукових досліджень. В тому числі, у сфері пошуку ефективних рішень зведення, відновлення та відбудови будівель з використанням незнімної опалубки та каркасу із ЛСТК.*

**Ключові слова:** *легкі сталеві тонкостінні конструкції (ЛСТК), каркасна незнімна опалубка, огорожувальні конструкції, організаційно-технологічне моделювання, оптимізація, відновлення, відбудова, швидкокомтовані елементи.*

**Менейлюк О. І.**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедру технології будівельного виробництва  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

**Руссий В. В.**

доктор філософії, старший викладач кафедр технології будівельного виробництва та хімії  
та екології  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

**Бочевар К. І.**

доктор філософії, старший викладач кафедри технології будівельного виробництва  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса



*Дата надходження статті: 27.06.2025*

*Прийнято: 14.07.2025*

*Опубліковано: 30.12.2025*

UDC 681.532:624

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2025.47.2025.5>**Nevliudov I. S.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Robotics

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv

ORCID: 0000-0002-9837-2309

**Sotnik S. V.**

Ph.D., Associate Professor at the Department of Computer-Integrated Technologies, Automation, and Robotics

Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv

ORCID: 0000-0002-6035-2388

## DESIGN OF THE STRUCTURE AND MOTION CONTROL SYSTEM OF A STATIONARY ROBOT MANIPULATOR FOR CONSTRUCTION WORK

**Abstract.** *The article presents the results of a comprehensive study dedicated to the development of a stationary robotic manipulator (palletizer) for performing technological operations in the construction industry. The work presents an integrated approach to designing a stationary robotic manipulator, encompassing its structural, hardware, and software aspects. A structural diagram of the automated control system has been developed, which establishes functional connections between the controller, feedback sensors, actuators, and the database for storing operational parameters. This diagram outlines the architecture of the robot's key components, providing a conceptual framework for implementing the system. A comparative analysis of modern software environments for three-dimensional modeling, including Blender, SolidWorks, and Autodesk 3ds Max, has been conducted based on criteria such as accessibility, functionality, testing capabilities, ease of learning, and support for engineering formats. Based on the analysis results, the choice of the Blender platform as the optimal tool is justified, as it provides the best balance between accessibility, visualization capabilities, and manipulator kinematics animation. The modeling methodology is described in detail, including the stages of planning, creating basic geometric primitives, detailed modeling using various tools, and the Mirror, Subdivision Surface, and Boolean modifiers for geometry optimization, as well as creating a skeletal framework to simulate the robot's movements. A fully functional three-dimensional model of a stationary palletizing robot manipulator has been created, which reproduces its structural features, spatial arrangement of components, and kinematic capabilities. The model allows for the visualization of the movement trajectories of individual manipulator segments and the verification of the design's functionality in a virtual environment before the physical manufacturing stage. The hardware part of the system was implemented using the Autodesk Tinkercad platform, which allowed for virtual modeling of the electronic circuit connections of components without the need for physical devices. Software has been implemented based on the Arduino microcontroller using the Servo.h library to control servomotors through pulse-width modulation. The practical significance of the obtained results lies in the creation of a functional prototype of a stationary palletizing robot control system, which can be used for educational purposes, demonstrating the principles of robotics in construction, and for further modification. The obtained results provide a basis for expanding the system's functionality through the integration of additional sensors for automatic object position detection, implementation of autonomous trajectory control algorithms, development of wireless control interfaces, and adaptation of the design for specific construction operations involving the palletization of materials at construction sites.*

**Key words:** *construction, stationary, robot manipulator, robotics in construction, motion control system, 3D model, Blender, Tinkercad.*

**Problem statement.** The modern construction industry requires the implementation of innovative technologies aimed at increasing efficiency, accuracy, and safety in work execution. Traditional construction methods, which involve a significant share of manual labor, are characterized by low productivity, high labor costs, and the risk of worker injuries. In this regard, the use of robotic systems capable of automating monotonous, dangerous, or high-precision operations is relevant [1-2].

Special attention is deserved by stationary robotic manipulators (SRMs) for construction work, which can perform functions such as handling materials, moving structural elements, applying mortars, or carrying out welding operations. However, the main challenges in creating such robots are ensuring the reliability of the design, positioning accuracy, stability of manipulator movements, as well as integrating the hardware and software components for real-time motion control.

To date, there are no standardized approaches to designing SRMs for construction work that take into account the peculiarities of the construction environment – variable loads, vibrations, dust exposure, temperature fluctuations, and so on. At the same time, it is important to be able to model the structure and test its functionality in a virtual environment before the stage of physical production. Thus, there is a need to create an integrated model of a stationary robot for construction work that combines optimal design solutions with an effective motion control system. Solving this problem involves developing a 3D model of the robot with the capability to simulate its actions, as well as creating software that ensures interaction between the controller, sensors, and actuators.

Thus, the main scientific and technical problem lies in designing the structure and control system of a stationary robot, which will allow the automation of certain stages of construction processes, increase their productivity, and reduce the human factor in hazardous working conditions.

**Analysis of recent studies.** Analysis of scientific research in recent years indicates a growing focus on the implementation of robotic systems in the construction industry. This is driven by the need to increase productivity, accuracy, and safety in production processes.

Yes, in works [3, 4], a review and analysis of the use of various robots in construction was

conducted with the aim of improving efficiency, accuracy, and safety of work performance. In particular, areas of their application were considered – from performing hazardous and routine tasks (dismantling, inspection, maintenance of buildings and structures) to carrying out specialized operations. Different types of robotic systems are described: remotely controlled manipulator robots, drones, unmanned ground vehicles, climbing robots, cable robots, and microrobots.

It has been found that after 2015, interest in construction robots sharply increased, and their designs evolved into compact and mobile platforms [4]. In the context of construction, researchers' main efforts are focused on stationary [5] and mobile robots [6]. Today, mobility is an important and key task for various construction activities, such as loading and unloading operations and site cleaning, among others.

Recent research trends focus on the integration of artificial intelligence systems [7, 8], computer vision [9], and Internet of Things (IoT) technologies to enhance the autonomy and adaptability of construction robots [10]. Such solutions enable automatic trajectory planning, object recognition on construction sites, and real-time quality control of completed work.

At the same time, a number of unresolved issues remain, including the high cost of robotic systems, the difficulty of adapting to unpredictable construction site conditions, and the need for standardization and safe interaction between robots and workers [11, 12]. Thus, current research indicates an active development of robotic systems in construction, aimed at increasing autonomy, accuracy, and work safety. Further scientific studies focus on creating intelligent, energy-efficient, and versatile robots capable of functioning effectively in the dynamic conditions of construction production. Therefore, the need to develop an efficient design and control system for a stationary robot to perform construction tasks remains relevant.

**The purpose of the study** is the development of a three-dimensional model of a stationary robotic manipulator for construction work and its motion control system, including the hardware scheme and software, which will allow the automation of certain stages of construction processes and reduce the human factor in hazardous working conditions.

**Research results.** Automation of technological processes is one of the key factors

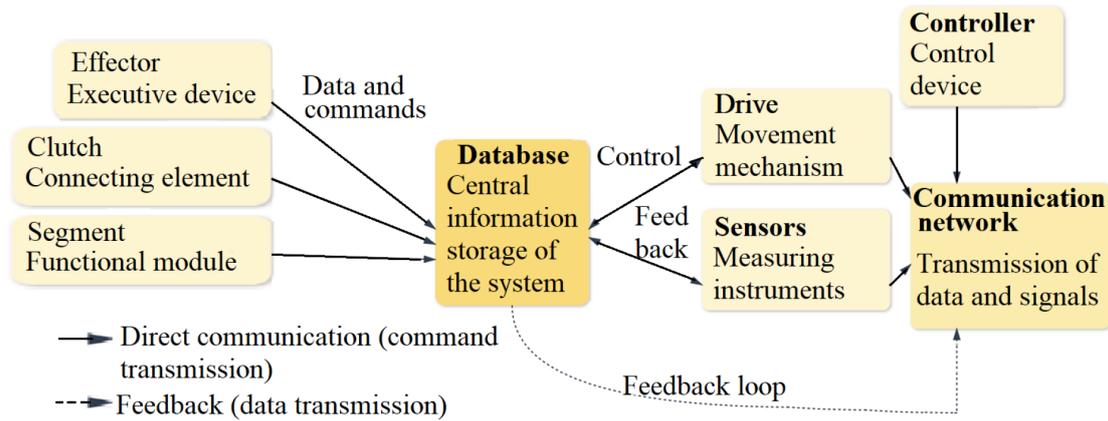


Fig. 1. Structural diagram of the automated control system of SRMs for construction work

in increasing efficiency and competitiveness in modern production [13–16]. The contemporary construction industry develops through intensive implementation of innovations, particularly via process automation [17]. An important vector of this transformation is the creation and application of SRMs for performing various operations at construction sites. Designing the structure of SRMs is a crucial stage in ensuring its functionality and productivity at the construction site. Key criteria in this process include stability, maneuverability, load capacity, and safety. To achieve optimal characteristics, it is planned to integrate advanced engineering solutions. Special significance is given to the development of a motion control system, which is key to effective operation.

The structural features of SRMs for construction work are determined by their functional purpose and the specifics of the construction operations performed. To begin with, we present a structural diagram of an automated control system for a stationary robot in construction, where the main hardware components and their functional relationships are shown (Fig. 1).

The diagram (Fig. 1) shows the main components of the SRM control system and their interconnections. The controller generates control commands for the actuators through the communication network, while the sensors provide feedback and transmit measurement data to the database. The effector, clutch, and segments perform executable functions during construction operations, and the database serves as the central information repository for processing and analyzing system performance parameters. For the detailed development of the robot’s design, taking into account all depicted

components and their spatial arrangement, it is necessary to select an appropriate design software environment.

During the conducted study, a comparison of development environments was carried out, presented in Table 1. Therefore, we justify the choice of the environment that is most suitable for the development of a 3D model.

**Table 1. Comparison of the development environment for a 3D model of a stationary construction robot**

Characterization	Blender	SolidWorks	Autodesk 3ds Max
Program accessibility	1	3	3
Functionality	2	1	2
Support for all platforms	1	1	1
Better in animation	1	3	1
Ability to conduct testing (strength, load, kinematics)	3	1	2
Ease of learning	2	2	3
Support for engineering file formats for robot design	2	1	2

Note: 1 – best, 2 – average, 3 – worst.

Based on a comparative analysis of 3D model development environments for SRMs for construction work (Table 1), Blender was chosen. Although the program is inferior to specialized CAD systems in performing engineering calculations, it offers high accessibility, versatility, ease of visualizing and animating robot movements, and supports the main 3D model formats necessary for further integration

into the control system. This makes Blender an optimal choice for creating a visual model and simulating SRM operations at the design stage.

So, the Blender environment was used for modeling, as it is better than other approaches for project development.

Let's describe the process of modeling SRMs for construction work:

1. Planning. Before starting the modeling, the overall concept of the object was defined – its shape, proportions, and structural features. At this stage, basic sketches and ideas about the appearance and structure of the model were created (Fig. 2), which served as the foundation for further work.

2. Creating primitives. Blender allows objects to be formed based on basic geometric elements – cubes, spheres, cylinders, etc. These primitives were used to build the main components of the model and determine the general proportions of the structure.

3. Detailed Modeling. At this stage, the shape and geometry of the object were refined. Edges, faces, and vertices were added to create more complex elements. Tools such as Extrude, Loop Cut, Bridge Edge Loops, and others were used, allowing the creation of a detailed and realistic model (Fig. 2).

4. Application of Modifiers. Built-in Blender modifiers were used to optimize the modeling process, including Mirror (mirroring),

Subdivision Surface (surface smoothing, resolution enhancement), and Boolean (union and subtraction operations of objects). This allowed for increased accuracy and symmetry of the model.

5. Rigging and Animation. To enable control over the robot's movements, a skeletal rig was added to the model. This made it possible to create various types of animations – segment movements, rotations, deformations, and more. Blender has advanced rigging and animation tools that allow modeling the robot manipulator's movements and checking its kinematics in motion.

During the design process, a three-dimensional model of a stationary manipulator robot was created, reflecting its structural features, component interactions, and possible movements. However, to ensure the full functioning of the system, it is necessary to develop the software part, which implements motion control algorithms, interaction with sensors, and actuators. The efficiency and flexibility of the software largely depend on the choice of the development environment, which should provide convenient integration with the hardware, support for the necessary libraries, and data exchange protocols. Thus, for the development of the software part, the Autodesk Tinkercad environment was chosen – a free online platform for 3D modeling and electronic circuit design, created by Autodesk (USA).

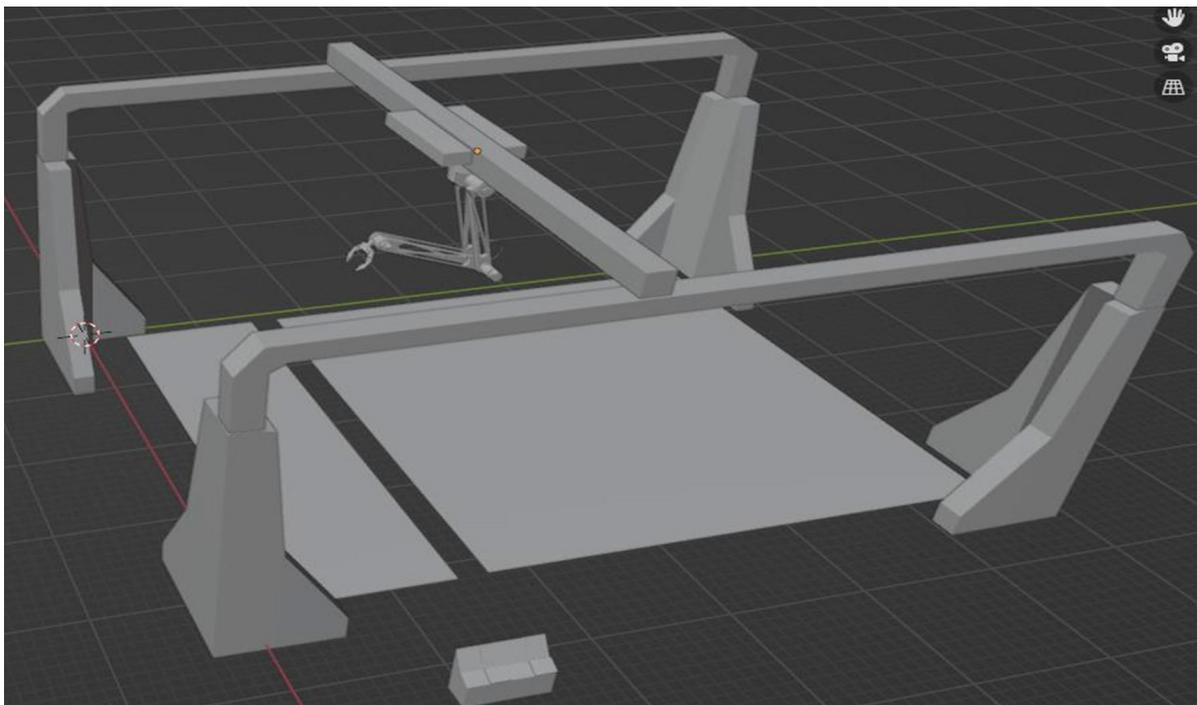


Fig. 2. Developed 3D model of the SRMs of the palletizer

The main reason for choosing Autodesk Tinkercad is its convenience, accessibility, and extensive capabilities for integrating the hardware and software parts of the system. Tinkercad provides the user with an extensive component library, including Arduino controllers, sensors, and actuators, allowing the modeling of real electronic circuits without the need for physical devices. The built-in simulator ensures the verification of correct connections, program performance analysis, and detection of possible errors during the design stage. Additionally, the environment supports writing code directly in the browser, which simplifies debugging control algorithms for robot movements and interacting with sensors. The simple interface and the ability to visually verify circuit operation make Tinkercad an optimal choice for developing the software part of a stationary construction robot. This environment combines the advantages of learning simplicity and engineering precision, allowing effective testing of control logic before transitioning to the physical implementation of the system.

To verify the correctness of the interaction between hardware components and software code in the Tinkercad environment, a virtual connection diagram was created. This diagram (Fig. 3) includes an Arduino microcontroller, sensors, and actuators, and serves as the basis for further simulation of the system's operation.

Fig. 3 demonstrates the hardware and software components of the control system for a stationary robotic manipulator. The constituent elements in the diagram (Fig. 3) are:

- Arduino Uno – the central controller that receives signals from potentiometers (controllers) and controls the servomotors;
- potentiometers (4 pcs.) – used to set the position or speed of each servomotor (e.g., manipulator segments);
- servomotors (3 pcs.) – simulate the movements of the robot's joints;
- L293D driver – a chip for controlling DC motors or servomotors, providing direction and power of movement;
- power supply (3 × AA 1.5 V battery pack) – supplies power to the circuit;
- connecting wires – transmit signals between components.

The developed hardware circuit (Fig. 3) requires software that would implement the algorithms for controlling the movements of SRMs and ensure the interaction of all components of the system. The software part is critically important for the functioning of the robot, as it defines the logic for processing signals from sensors and generating commands for the actuators. For the implementation of the control system, the Arduino UNO R3 board was chosen to serve as the central controller. The

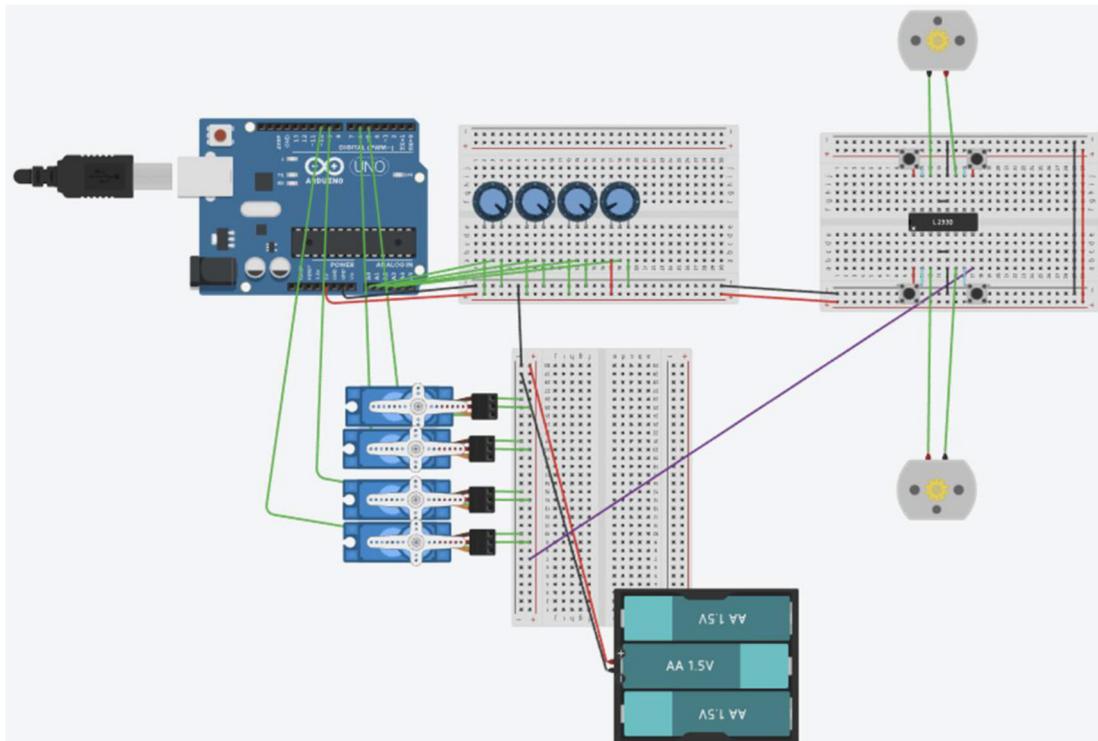


Fig. 3. Diagram of connecting Arduino project components in the Autodesk Tinkercad environment

choice of this platform is justified by its sufficient computational power, the availability of the required number of analog and digital inputs/outputs, as well as extensive library support for working with peripheral devices. Arduino UNO R3 provides the possibility to connect:

- micro Servo servos that mimic the movements of individual segments of the manipulator;

- DC motor through an L293D driver to simulate the operation of the gripping mechanism (claw);

- potentiometers for manually setting the position of each degree of freedom of the robot. The model's power supply is implemented from a 3 × AA battery pack with a nominal voltage of 1.5 V per cell, providing autonomy and portability of the prototype. The robot is controlled manually through analog controllers (potentiometers), allowing the operator to accurately control the position of each manipulator segment [18].

In the development of the program code, the standard Servo.h library was used, which provides functions for controlling pulse-width modulation (PWM) of servomotors. The program structure is built according to the classic Arduino project scheme and includes initialization, setup, and main execution loop blocks.

At the initial stage of the program, software objects are created to control the servomotors:

```
Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;
```

Each object of the Servo type corresponds to a separate servo in the manipulator design and provides an interface for controlling its position. Next, the analog input pins for connecting potentiometers are defined:

```
int pin0 = A0;
int pin1 = A1;
int pin2 = A2;
int pin3 = A3;
```

These variables indicate the analog inputs of the controller, through which voltage values are read from the potentiometers corresponding to the desired position of each segment.

Thus, the main functional blocks of the program include:

1. Library inclusion. The program starts with the directive to include the Servo.h library, which provides specialized functions for working with servomotors.

2. Creation of control objects. Four objects of the Servo class are declared for independent control of the four servomotors of the manipulator.

3. Configuration of input-output ports. Analog input pins are defined for reading signals from potentiometers, and variables are also declared for storing the current angular positions and analog-to-digital converter (ADC) values.

4. Setting limit values. Restrictions are set for the movement ranges of the servomotors and threshold values for controlling their rotation speed, which ensures smooth movements and prevents mechanical damage.

5. The initialization function setup(). This function performs the initial system setup:

- configuring pins as inputs or outputs;

- attaching servo software objects to the appropriate digital pins of the controller;

- establishment of the initial positions of the executive mechanisms.

6. The main execution loop loop(). This function runs cyclically and implements the main control logic:

- reading analog values. Using the function analogRead(), voltage values from

- potentiometers are read (range 0–1023) and scaled to the control range 1–29 using the map() function;

- center correction. Software correction of values is performed to compensate for possible inaccuracies in the mechanical centering of the potentiometers;

- calculation of increments. The difference between the current analog input value and the central position determines the direction and speed of change of the servo position;

- conversion to angles. The internal values of the servos are converted to rotation angles in the range from 10° to 180° using the map() function;

- command transmission. The calculated angular values are sent to the corresponding servos via the write() method, which directly controls the PWM signal;

- gripping mechanism control. When the button is pressed (reading HIGH on pin 3), a digital output is activated (pin 4 is set to HIGH), simulating the activation of an electromagnet or the gripping system.

Such software architecture provides flexible and precise control of all degrees of freedom of the manipulator, allowing the operator to intuitively control the robot's position and perform basic manipulation operations. The modular code structure facilitates further system improvements,

including the implementation of automatic operating modes, integration of additional sensors, or the realization of wireless control.

**Conclusions.** During the course of the work, a comprehensive design of a stationary construction manipulator robot was carried out, encompassing both the structural and software components of the system. The study was based on an analysis of current trends in the automation of the construction industry and the need to improve productivity, accuracy, and safety in performing technological operations on construction sites. A structural scheme of the automated control system was developed, defining the interaction of the robot's main components, including the controller, feedback sensors, actuators, and a database for storing and processing operational parameters. This scheme became the conceptual basis for further modeling of the design and development of the control system. Based on a comparative analysis of software environments for three-dimensional modeling, the Blender platform was chosen, which provided an optimal combination of accessibility, visualization functionality, and the capability for robot kinematics animation. In the Blender environment, a detailed three-dimensional model of a stationary palletizing robot manipulator was created using a sequence of stages, from planning and constructing basic geometric primitives to applying modifiers and implementing a skeletal rig for motion simulation. The resulting model reflects the robot's design features, its spatial geometry, and possible movement trajectories of individual manipulator segments. For the development of the software and hardware parts of the control system, the Autodesk Tinkercad platform was used, allowing the virtual modeling of the electronic circuit connections of components and preliminary testing of the operational logic

without the need for physical devices. The created scheme includes an Arduino UNO R3 microcontroller as the central control element, four potentiometers for manual position setting, three servomotors to simulate the movements of the manipulator's joints, an L293D motor driver, and an autonomous power supply. This configuration provides sufficient functionality to demonstrate the basic principles of controlling a multi-link manipulator. Software has been developed based on the Arduino microcontroller using the Servo.h library to control the servomotors via pulse-width modulation. The program code implements cyclic reading of analog signals from the potentiometers, their mathematical conversion into angular values for the servomotors, taking into account limit constraints and centering correction, as well as control of the gripping mechanism through a digital output.

The modular architecture of the program allows the operator to intuitively control the position of each degree of freedom of the manipulator and perform basic manipulation operations in manual mode. The practical value of the completed work lies in the creation of a functional prototype of a stationary robot control system, which can be used for educational purposes, demonstrating the principles of robotics in construction, and further improvement for practical implementation. The obtained results provide a foundation for expanding the system's functionality by integrating additional sensors for automatic object position detection, implementing autonomous trajectory control algorithms, developing wireless control interfaces, and adapting the design for specific construction operations. The developed design methodology can be applied to create other types of construction robots, taking into account the specifics of particular technological tasks.

### **Bibliography**

1. Sotnik S., Lyashenko V. Prospects for Introduction of Robotics in Service. *International Journal of Academic Engineering Research*. 2022. № 6(5). C. 4–9.
2. Bielik M. S., et al. Analysis of the structures of mobile platforms for promoter robots. *The 5th International scientific and practical conference "Global trends in science and education" (June 2–4, 2025) SPC "Sci-conf.com.ua", Kyiv, Ukraine*. 2025. C. 319–325.
3. Saad S., et al. AI in Material Science. Boca Raton : CRC Press, 2024. 288 p.
4. Chang S., et al. Evolution pathways of robotic technologies and applications in construction. *Advanced Engineering Informatics*. 2022. № 51. P. 101529. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101529>
5. 王璐. Research on construction performance evaluation of stationary and mobile robots in wooden block stacking method. WANG LU, 2022. 359 p.
6. Asadi K., et al. Automated object manipulation using vision-based mobile robotic system for construction applications. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2021. 35.1, C. 1–8.
7. Wei H. H., et al. Intelligent robots and human-robot collaboration in the construction industry: A review. *Journal of Intelligent Construction*. 2023. Vol. 1, no. 1. C. 1–12. <https://doi.org/10.26599/JIC.2023.9180002>

8. Faheem M. A., et al. AI and robotic: About the transformation of construction industry automation as well as labor productivity. *Remittances Review*. 2024. № 9. P. 871–888. <https://doi.org/10.33282/rr.vx9i2.42>
9. Dong Z., et al. Computer vision to recognize construction waste compositions: A novel boundary-aware transformer (BAT) model. *Journal of environmental management*. 2022. № 305. P. 114405. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114405>
10. Ghosh A., et al. Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry. *Engineering, construction and architectural management*. 2021. Vol. 28, no 2. P. 457–481. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2020-0271>
11. Onososen A. O., Musonda I. Research focus for construction robotics and human-robot teams towards resilience in construction: scientometric review. *Journal of engineering, design and technology*. 2023. Vol. 21, no 2. P. 50–526. <https://doi.org/10.1108/JEDT-10-2021-0590>
12. Liang C. J., et al. Human–robot collaboration in construction: Classification and research trends. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2021. Vol. 147, no 10. P. 03121006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002154](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002154)
13. Vasylychenko Y., et al. Development of Security and Fire Alarm Integrated Automation System at Enterprise. *WSEAS Transactions on Systems*. 2025. № 24. C. 642–664. <https://doi.org/0.37394/23202.2025.24.56>
14. Sotnik S. Development of a range measurement module on an ultrasonic sensor with a GSM module. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2025. P. 32–44. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2025-2-3>
15. Yechevskiy A. D., et al. Research of orientation methods of autonomous mobile robots in industrial conditions. “Computer-integrated technologies, automation and robotics” CITAR-2025. 2025. P. 115–119.
16. Sotnik S. V. Development of automated control system and registration of metal in continuous casting. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2024. P. 197–211. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2024-3-17>
17. Zhao X., Cheah C. C. BIM-based indoor mobile robot initialization for construction automation using object detection. *Automation in Construction*. 2023. № 146. P. 104647. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104647>
18. Sukhomlinova D.A., et al. Aerial robot in urban environments. *Sustainable smart cities and communities: business and innovation solutions 2025: Proceedings of 1 st I International Conference, Kharkiv, April 21, 2025: Theses of Reports*. 2025. P. 45–46.

### References

1. Sotnik, S., & Lyashenko, V. (2022). Prospects for Introduction of Robotics in Service. *International Journal of Academic Engineering Research*, 6(5), 4–9.
2. Bielik, M.S., et al. (2025). Analysis of the structures of mobile platforms for promoter robots. *The 5th International scientific and practical conference “Global trends in science and education” (June 2–4, 2025) SPC “Sci-conf.com.ua”, Kyiv, Ukraine*, 319–325.
3. Saad, S., et al. (2024). AI in Material Science. Boca Raton: CRC Press. – 288 p.
4. Chang, S., et al. (2022). Evolution pathways of robotic technologies and applications in construction. *Advanced Engineering Informatics*, 51, 101529. DOI: 10.1016/j.aei.2022.101529
5. 王璐. (2022). Research on construction performance evaluation of stationary and mobile robots in wooden block stacking method. WANG LU. – 359 p.
6. Asadi, K., et al. (2021). Automated object manipulation using vision-based mobile robotic system for construction applications. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 35.1, 1–8.
7. Wei, H. H., et al. (2023). Intelligent robots and human-robot collaboration in the construction industry: A review. *Journal of Intelligent Construction*, 1(1), 1–12. DOI: 10.26599/JIC.2023.9180002
8. Faheem, M. A., et al. (2024). AI and robotic: About the transformation of construction industry automation as well as labor productivity. *Remittances Review*, 9, 871–888. DOI: 10.33282/rr.vx9i2.42
9. Dong, Z., et al. (2022). Computer vision to recognize construction waste compositions: A novel boundary-aware transformer (BAT) model. *Journal of environmental management*, 305, 114405. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.114405
10. Ghosh, A., et al. (2021). Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry. *Engineering, construction and architectural management*, 28(2), 45–481. DOI: 10.1108/ECAM-04-2020-0271
11. Onososen, A. O., & Musonda, I. (2023). Research focus for construction robotics and human-robot teams towards resilience in construction: scientometric review. *Journal of engineering, design and technology*, 21(2), 502–526. DOI: 10.1108/JEDT-10-2021-0590
12. Liang, C. J., et al. (2021). Human–robot collaboration in construction: Classification and research trends. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(10), 03121006. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002154
13. Vasylychenko, Y., et al. (2025). Development of Security and Fire Alarm Integrated Automation System at Enterprise. *WSEAS Transactions on Systems*, 24, 642–664. DOI: 10.37394/23202.2025.24.56
14. Sotnik, S. (2025). Development of a range measurement module on an ultrasonic sensor with a GSM module. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 32–44. DOI: 10.15588/1607-3274-2025-2-3
15. Yechevskiy, A. D., et al. (2025). Research of orientation methods of autonomous mobile robots in industrial conditions. “Computer-integrated technologies, automation and robotics” CITAR-2025, 115–119.
16. Sotnik, S. V. (2024). Development of automated control system and registration of metal in continuous casting. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 197–211. DOI: 10.15588/1607-3274-2024-3-17
17. Zhao, X., & Cheah, C. C. (2023). BIM-based indoor mobile robot initialization for construction automation using object detection. *Automation in Construction*, 146, 104647. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104647
18. Sukhomlinova, D. A., et al. (2025). Aerial robot in urban environments. *Sustainable smart cities and communities: business and innovation solutions 2025: Proceedings of 1 st I International Conference, Kharkiv, April 21, 2025: Theses of Reports*, 45–46.

## ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РУХАМИ СТАЦІОНАРНОГО РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

**Анотація.** У статті представлено результати комплексного дослідження, присвяченого створенню стаціонарного робота-маніпулятора (палетайзера) для виконання технологічних операцій у будівельній галузі. У роботі представлено комплексний підхід до проектування стаціонарного робота-маніпулятора, який охоплює конструктивні, апаратні та програмні аспекти системи. Розроблено структурну схему автоматизованої системи управління, яка встановлює функціональні зв'язки між контролером, датчиками зворотного зв'язку, виконавчими механізмами та базою даних для зберігання операційних параметрів. Ця схема визначає архітектуру взаємодії ключових компонентів робота та забезпечує концептуальну основу для реалізації системи. Проведено порівняльний аналіз сучасних програмних середовищ для тривимірного моделювання, зокрема Blender, SolidWorks та Autodesk 3ds Max, за критеріями доступності, функціональності, можливості проведення випробувань, легкості освоєння та підтримки інженерних форматів. За результатами аналізу обґрунтовано вибір платформи Blender як оптимального інструменту, що забезпечує найкращий баланс між доступністю, можливостями візуалізації та анімації кінематики маніпулятора. Детально описано методологію моделювання, що включає етапи планування, створення базових геометричних примітивів, детального моделювання з використанням різноманітних інструментів та модифікаторів Mirror, Subdivision Surface і Boolean для оптимізації геометрії, а також створення скелетної арматури для імітації рухів робота. Створено повнофункціональну тривимірну модель стаціонарного робота-маніпулятора палетайзера, яка відтворює його конструктивні особливості, просторове розташування компонентів та кінематичні можливості. Модель дозволяє візуалізувати траєкторії переміщення окремих сегментів маніпулятора та перевірити працездатність конструкції у віртуальному середовищі до етапу фізичного виготовлення. Для реалізації апаратної частини системи використано платформу Autodesk Tinkercad, що дозволила віртуально змоделювати електронну схему підключення компонентів без потреби у фізичних пристроях. Реалізовано програмне забезпечення на базі мікроконтролера Arduino з використанням бібліотеки Servo.h для управління сервоприводами через широтно-імпульсну модуляцію. Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні функціонального прототипу системи управління стаціонарним роботом-палетайзером, який може використовуватися для навчальних цілей, демонстрації принципів робототехніки у будівництві та подальшої модернізації. Отримані результати формують основу для розширення функціональності системи шляхом інтеграції додаткових датчиків для автоматичного визначення положення об'єктів, впровадження алгоритмів автономного керування траєкторіями руху, реалізації бездротових інтерфейсів управління та адаптації конструкції під специфічні будівельні операції палетизації матеріалів на будмайданчиках.

**Ключові слова:** конструкція, стаціонарний, робот-маніпулятор, робототехніка в будівництві, система керування рухами, 3D модель, Blender, Tinkercad.

**Невлюдов І. Ш.**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків

**Сотник С. В.**

Ph.D., доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків



Дата надходження статті: 23.10.2025

Прийнято: 07.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025

**Некрилов А. М.**

технік монтажник

ORCID: 0009-0004-2605-619X

## НЕСТАНДАРТНІ МЕТОДИ КРІПЛЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ МЕТАЛОПЛАСТИКОВИХ ВІКОН

**Анотація.** У статті розглянуто особливості проектування великогабаритних металопластикових віконних конструкцій для багатопверхових будівель. У статті розглядається випадок, коли перед віконним прорізом будівлі розташовані несучі конструкції, такі як залізобетонні решітки, сталеві балки або бетонні елементи. Через це використання стандартної фасадно-ригельної системи стає неможливим. Розглянуто можливість кріплення імпостів до несучих елементів. Приведено переваги та недоліки такого підходу, а також перспективи його використання в майбутньому. Зроблено огляд матеріалів та систем кріплення металопластикових віконних конструкцій для багатопверхових будівель із великими площами скління. Проаналізовано вплив вітрового навантаження на елементи віконної системи та визначенню необхідного моменту інерції для імпостів. Методика розрахунку елементів віконних конструкцій на прогин під впливом вітрового тиску включала рекомендації ДБН В.1.2-2:2006 та ДСТУ-НБ В.2.6-146:2010. Проведено розрахунок вітрового навантаження на конструкції для міста Києва. У розрахунку враховано висоту будівлі, тип місцевості, рельєф та напрямок вітру. Визначено, що максимальний тиск повітря зростає зі збільшенням висоти будівлі: від 192 Па на першому поверсі до 761 Па на 25-му поверсі, що потребує застосування більш жорстких профілів та додаткових елементів посилення на верхніх поверхах. Розрахунки моментів інерції показали, що підібрані комбінації рамних та з'єднувальних профілів забезпечують необхідну жорсткість конструкції, а центральний вертикальний імпост сприймає основне навантаження від вітру. Показано, що правильний підбір профілів та вузлів посилення забезпечує стабільність, довговічність та безпеку віконних систем. Отримані результати підтверджують важливість врахування висоти будівлі та характеристик вітрового навантаження при проектуванні металопластикових конструкцій великих розмірів. Практичне застосування методики дозволяє підвищити механічні характеристики склопакетів і оптимізувати вартість фасадного скління.

**Ключові слова:** металопластикові віконні конструкції, вітрове навантаження, момент інерції, вертикальний імпост, висотна будівля, жорсткість профілів.

**Постановка проблеми.** Будівництво висотних будівель у світі зростає величезними темпами. Для зниження вартості будівництва, забудовники все частіше використовують інноваційні технології та нестандартні рішення. Вікна з ПВХ значно частіше використовують для скління висотних конструкцій, ніж алюмінієві рами. Такі вікна економічно вигідніші та пропонують кращі теплоізоляційні характеристики, ніж алюмінієві. З огляду на це, віконні системи з ПВХ спочатку розроблялися для малоповерхових або стандартних багатопверхових будівель. Проте існують певні особливості під час встановлення та експлуатації металопластикових вікон у висотних будівлях, що ідаються знач-

ним вітровим навантаженням. Необхідно враховувати технологічні особливості віконних систем з ПВХ, архітектуру будівлі, а також методи та параметри будівництва.

Металопластикові вікна дуже часто застосовуються в сучасному будівництві. Перевагою застосування такого типу вікон є їх енергоефективність, довговічність та простота монтажу. Проте при проектуванні великих або високих віконних конструкцій виникають складнощі, пов'язані з термічними та механічними навантаженнями.

Однією з основних проблем є лінійне теплове розширення профілів під дією сонячного випромінювання. При нагріванні профіль подовжується і може вигинатися, що

підвищує ризик розтріскування склопакета. Додатково, для висотних будівель велике значення має вітрове навантаження, яке створює прогин імпоста всередину конструкції та може пошкодити скло.

Стандартні віконні системи проєктуються для прорізів без центральної опори. У разі великих або нестандартних конструкцій це може призводити до недостатньої жорсткості і підвищеної небезпеки для склопакета. Для вирішення цієї проблеми застосовуються нестандартні методи кріплення центральної частини конструкції, зокрема використання додаткових несучих елементів, таких як балки або підсилені імпости.

Металопластикові вікна великого розміру часто створюють технічні труднощі під час виготовлення та монтажу. Якщо площа конструкції перевищує 12 квадратних метрів, наприклад 3500 × 3500 мм, то зробити її стандартним способом майже неможливо. Основна причина полягає в тому, що під дією сонця профіль нагрівається, подовжується й може вигинатися дугою. Через це склопакет тріскається або деформується.

У висотних будинках, особливо вище восьмого поверху, до цього додається ще одна проблема – сильне вітрове навантаження. Вітер тисне на площину вікна, прогинає центральну частину, і це також створює ризик пошкодження скла.

Стандартні віконні системи зазвичай розраховані на отвори без центральної опори, але якщо в будівельній конструкції є балка, її можна використати як додатковий несучий елемент. Якщо закріпити імпост до балки, навантаження частково перейде з профілю на саму будівлю. Такий прийом робить систему більш стабільною, зменшує ризик вигину профілю та дозволяє використовувати звичайні склопакети без додаткових плівки. Це не лише підвищує надійність, а й зменшує вартість застосування.

Іноді великогабаритне вікно неможливо доставити або внести в приміщення цілим. У таких випадках конструкцію роблять із двох частин – наприклад, по 1750 × 3500 мм кожна. Між собою вони з'єднуються спеціальним профілем, всередині якого встановлюється металевий підсилювач. Проте цей з'єднувач має зовнішній виступ близько 20–30 мм, і він може впирається у будівельну балку. Через це все вікно доводиться зміщувати трохи всередину приміщення, щоб уникнути зіткнення.

Таке зміщення призводить до появи більшого зазору між рамою та стіною, що ускладнює якісне оздоблення стику.

Щоб уникнути цієї проблеми, можна замінити звичайний з'єднувач профіль на міні-з'єднувач без виступів. Він менш жорсткий, але якщо місце стику збігається з розташуванням балки, то кріплення можна виконати прямо до неї. Це надає додаткової міцності та дозволяє використовувати компактні профілі без шкоди для зовнішнього вигляду фасаду.

У стандартних системах зазвичай не передбачені заводські рішення для закріплення таких нестандартних елементів. У місці з'єднання двох рам немає спеціальних зачепів або монтажних майданчиків, тому майстрам доводиться шукати індивідуальні варіанти кріплення.

Один із найпростіших способів – просвердлити профіль наскрізь і закріпити його турбогвинтом або шурупом через внутрішню поверхню. Отвір потім закривають заглушкою з герметиком. Такий спосіб простий і надійний, але не дуже естетичний. Тому його частіше застосовують у промислових будівлях, де важлива практичність і вартість, а не зовнішній вигляд.

Інший варіант – свердління у фальцевій частині, тобто там, де знаходяться дренажні отвори. Головка шурупа в такому разі приховується під штапиком, і зовні кріплення непомітне. Проте воно утримує лише пластикову частину профілю, не зачіпаючи сталеве армування, тому міцність трохи нижча.

Ще один спосіб – використання Т-подібного металевго елемента, який кріпиться на лицьову поверхню профілю. Металевий стрижень вставляється в отвір у балці та фіксується там, іноді за допомогою спеціального клейового складу – хімічного анкера. Це забезпечує міцне та довговічне кріплення з охайним виглядом.

Також застосовують L-подібні кронштейни, які кріпляться до профілю та балки шурупами або дюбелями. Цей варіант зручний і надійний. Даний метод застосовують під час реконструкції промислових будівель. З естетичних міркувань кронштейни також рекомендується фарбувати білою поліестеровою фарбою.

Якщо подібних вікон у будівлі багато, доцільно створити стандартизовану систему кріплення з нержавної сталі. Такі деталі можуть мати регульований захват і дозволя-

ють швидко та точно монтувати імпости до балок. Це забезпечує повторюваність, високу якість монтажу та охайний вигляд фасаду.

**Аналіз останніх досліджень.** Результати аналізу наукових публікацій показали, що сучасні дослідження сфокусовані на підвищенні безпеки, енергоефективності та функціональності віконних конструкцій. В Україні проектування, встановлення та експлуатації віконних конструкцій регулюються чинними нормативними документами. У державних будівельних нормах визначено основні вимоги до навантажень і впливів, що діють на будівельні елементи, зокрема й на металопластикові вікна [1, с. 3]. Основою для забезпечення надійності та довговічності віконних конструкцій є якісні матеріали та правильне кріплення віконних рам. У настанові [2, с. 1] приведено рекомендації щодо проектування, монтажу та експлуатації великогабаритних вікон і дверей. У сучасних дослідженнях значна увага приділяється питанням підвищення енергоефективності та безпеки віконних систем. М. Майкл та співавтори [3, с. 5357] виконали систематичний огляд технологій скління фасадів. Авторами виокремлено новітні рішення для зменшення енергоспоживання та покращення теплових характеристик віконних конструкцій. У праці А. Йожвік [4, с. 1254] представлено досвід застосування скляних конструкцій у сучасній архітектурі та підкреслив роль скління у формуванні простору та естетики будівель. М. Андрее та співавт. [5, с. 767] провели експериментальні дослідження ефективності протиударних плівок та тросових систем, які можуть зменшувати наслідки вибухових навантажень на вікна. У роботі Ц. Ван та колеги [6, с. 6092] представили результати порівняльного аналізу матеріалів, що використовуються у віконних рамах. В цій статті представлено результати оптимізації їх теплоізоляційних властивостей віконних конструкцій. Дослідження Е. Сорушні та колег [7, с. 18] резюмує, що конфігурація вікон значно впливає на енергозбереження та комфорт освітлення в житлових приміщеннях. У праці Ратушняк Г., Панькевич В. і Панькевич О. [8, с. 90; 9, с. 49] відображено основні фактори, які слід враховувати під час оцінки безпеки віконних конструкцій в умовах підвищених ризиків. Багато інформації в літературних джерелах присвячено проблемі перспектив застосу-

вання наноматеріалів у віконних системах. В багатьох статтях особливу увагу приділено вибору матеріалів. Довговічність та стійкість виробів у різних експлуатаційних умовах залежить від методів кріплення та конструктивних рішень. У роботі С. Чжана та колеги [10, с. 5] представлено результати досліджень перспектив одночасного підвищення теплоізоляційних властивостей і ударостійкості прозорих композитів. Не менш важливим чинником у надійності експлуатації та встановлення вікон великого розміру є вітрове навантаження та сейсмічна стійкість конструкції. І. Лі та співавтори [11, с. 4] дослідили вплив вітрових навантажень на будівлі складної форми, що є важливим для розрахунку навантажень на віконні заповнення.

У статті розглядаються методи посилення центральної частини металопластикових вікон, які дозволяють зменшити деформації профілів, знизити ризик пошкодження скла та забезпечити безпечно і економічне використання великих склопакетів.

**Метою дослідження** було визначення оптимальних конструктивних рішень та моментів інерції елементів металопластикових віконних систем для забезпечення їхньої стійкості до вітрових навантажень у висотних будівлях.

### **Методика розрахунку елементів віконних конструкцій на прогин під впливом вітрового тиску**

Вхідні дані:

Місто: Київ

Тип місцевості: IV – міські території, на яких принаймні 15 % поверхні зайняті будівлями, що мають середню висоту понад 15 м

Схему віконної конструкції, яку використовували в розрахунках представлено на рис. 1.

Висоту розташування верхнього краю розрахункової конструкції над поверхнею землі зазначено в Таблиця 1

– висота будівлі: 73.5 м

– ширина будівлі: 50 м

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження визначали за формулою та зазначено в таблиці 1:

$$W_m = \gamma_{fm} W_0 C, \quad (1)$$

де  $\gamma_{fm} = 1.14$  – коефіцієнт надійності, приймали для встановленого терміну експлуатації (п.9.14 ДБН В.1.2-2:2006)

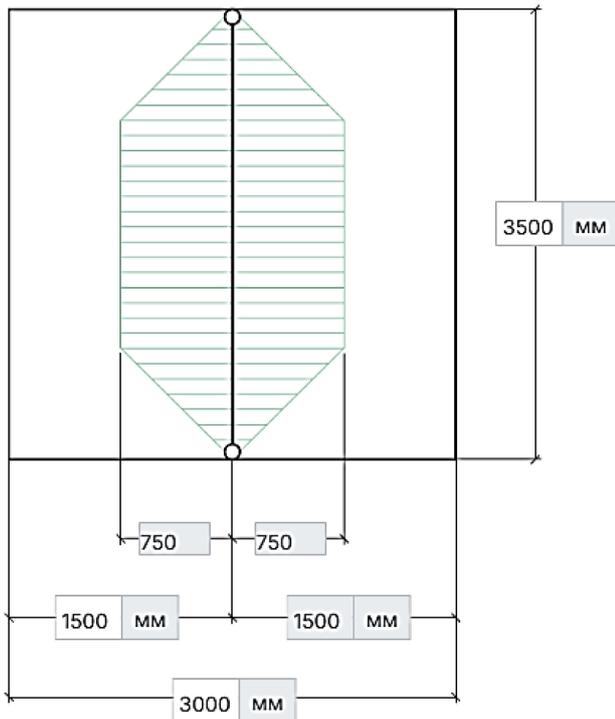


Рис. 1. Розрахункова схема розподілу вітрових навантажень

$W_0 = 370$  Па – характеристичне значення вітрового тиску для м. Київ (згідно з Додатком Е ДБН В.1.2-2:2006)

Коефіцієнт  $C$  визначали за формулою:

$$C = C_{aer} C_h C_{alt} C_{rel} C_{dir} C_d, \quad (2)$$

де  $C_{aer}$  – аеродинамічний коефіцієнт (п. 9.8 ДБН В.1.2-2:2006); (табл. 1).

$C_h$  – в залежності від висоти розташування віконної конструкції, над поверхнею

землі (п. 9.9 ДБН В.1.2-2:2006 изм.1); Дивіться таблицю 1.

$C_{alt}$  – коефіцієнт географічної висоти (п. 9.10 ДБН В.1.2-2:2006); (табл. 1).

$C_{rel}$  – коефіцієнт рельєфу (п. 9.11 ДБН В.1.2-2:2006); (табл. 1).

$C_{dir}$  – коефіцієнт напрямку (п. 9.12 ДБН В.1.2-2:2006); (табл.1).

$C_d$  – коефіцієнт динамічності (п. 9.13 ДБН В.1.2-2:2006); (табл. 1).

Необхідний момент інерції вертикальних та горизонтальних імпостів розраховували за формулою (3):

$$I_{x \text{ необх.}} = \frac{W_m L^4 B}{1920 E f_{\text{доп}}} \times \left[ 25 - 40 \left( \frac{B}{L} \right)^2 + 16 \left( \frac{B}{L} \right)^4 \right] \quad (\text{см}^4) \quad (3)$$

де  $L$  – довжина імпоста, відповідно до рис. 1;  
 $B$  – ширина навантаження, відповідно до рис. 1;

$f_{\text{доп}}$  – допустимий прогин  $1/300 L$ ;

$E = 21000$  кН/м<sup>2</sup> модуль пружності сталі;

1920 = const – постійна величина;

Мінімально необхідне значення моменту інерції розраховується за формулою:

$$I_{x \text{ необх.}} = I_{x(B1)} + I_{x(B2)},$$

де  $I_{x(B1)}$ ;  $I_{x(B2)}$  – відповідні моменти інерції для ширини навантаження  $B_1$  та  $B_2$ .

Розрахункове значення  $I_{x \text{ необх.}}$  вказано в таблиці 2 (колонка 7), в залежності від висоти розташування конструкції.

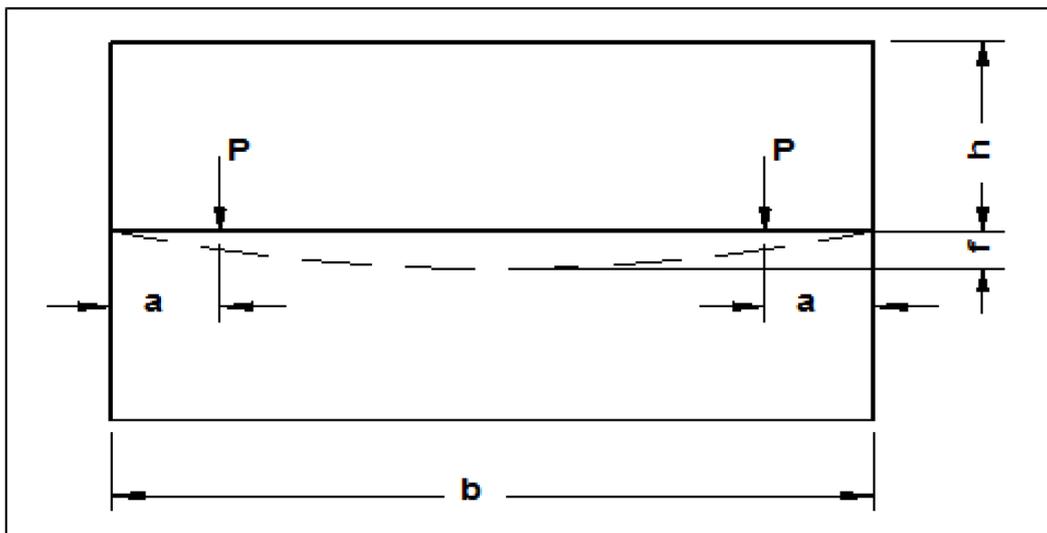


Рис. 2. Схема розподілу навантажень на горизонтальний імпост від ваги склопакета

Мінімально необхідне значення моменту інерції  $I_{y \text{ необх.}}$  для сприйняття навантаження від ваги склопакета розраховується відповідно до схеми рис. 2 за формулою:

$$I_{y \text{ необх.}} = \frac{P \cdot a}{2,4E \cdot f} (3b^2 - 4a^2) \text{ (см}^4\text{)}, \quad (4)$$

де  $a = 12$  см-відстань від внутрішнього кута до середини опори

$E = 21000$  кН/м<sup>2</sup> модуль пружності сталі

$f = 2$  мм допустимий прогин

$b$  – ширина склопакета, прийнята як розрахункова довжина горизонтального імпоста мінус 5 см.

$h$  – висота склопакета прийнята як відстань від краю рами до осі горизонтального імпоста мінус 7,4 см.

$P$  – вага та формула склопакета

**Результати дослідження.** Результати розрахунків максимального вітрового навантаження представлені в таблиці 1. Розрахунки проводилися відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-146 та

**Таблиця 1.** Граничне розрахункове значення вітрового навантаження залежно від місця розташування будівлі та висоти розташування конструкції.

Поверх	Відстань від землі до верхнього краю конструкції / (висота поверху)	$W_0$	$Y_{fm}$	$C_h$	$C_{alt}$	$C_{aer}$	$C_{dir}$	$C_{rel}$	$C_d$	$C$	$W^m$ (Па)
1	2.8 (2.8)	370	1.14	0.6	1	0.8	1	1	0.95	0.456	192
2	5.6 (2.8)	370	1.14	0.648	1	0.8	1	1	0.95	0.492	207
3	8.4 (2.8)	370	1.14	0.872	1	0.8	1	1	0.95	0.663	279
4	11.2 (2.8)	370	1.14	1.048	1	0.8	1	1	0.95	0.796	335
5	14 (2.8)	370	1.14	1.16	1	0.8	1	1	0.95	0.882	371
6	16.8 (2.8)	370	1.14	1.272	1	0.8	1	1	0.95	0.967	407
7	19.6 (2.8)	370	1.14	1.384	1	0.8	1	1	0.95	1.052	443
8	22.4 (2.8)	370	1.14	1.466	1	0.8	1	1	0.95	1.114	469
9	25.2 (2.8)	370	1.14	1.543	1	0.8	1	1	0.95	1.173	494
10	28 (2.8)	370	1.14	1.62	1	0.8	1	1	0.95	1.231	519
11	30.8 (2.8)	370	1.14	1.697	1	0.8	1	1	0.95	1.29	544
12	33.6 (2.8)	370	1.14	1.774	1	0.8	1	1	0.95	1.348	568
13	36.4 (2.8)	370	1.14	1.851	1	0.8	1	1	0.95	1.407	593
14	39.2 (2.8)	370	1.14	1.928	1	0.8	1	1	0.95	1.465	618
15	42 (2.8)	370	1.14	1.98	1	0.8	1	1	0.95	1.505	634
16	44.8 (2.8)	370	1.14	2.022	1	0.8	1	1	0.95	1.537	648
17	47.6 (2.8)	370	1.14	2.064	1	0.8	1	1	0.95	1.569	661
18	50.4 (2.8)	370	1.14	2.106	1	0.8	1	1	0.95	1.601	675
19	53.2 (2.8)	370	1.14	2.148	1	0.8	1	1	0.95	1.632	688
20	56 (2.8)	370	1.14	2.19	1	0.8	1	1	0.95	1.664	702
21	58.8 (2.8)	370	1.14	2.232	1	0.8	1	1	0.95	1.696	715
22	61.6 (2.8)	370	1.14	2.27	1	0.8	1	1	0.95	1.725	727
23	64.4 (2.8)	370	1.14	2.305	1	0.8	1	1	0.95	1.752	738
24	67.2 (2.8)	370	1.14	2.34	1	0.8	1	1	0.95	1.778	750
25	70 (2.8)	370	1.14	2.375	1	0.8	1	1	0.95	1.805	761

Джерело: власні обчислення

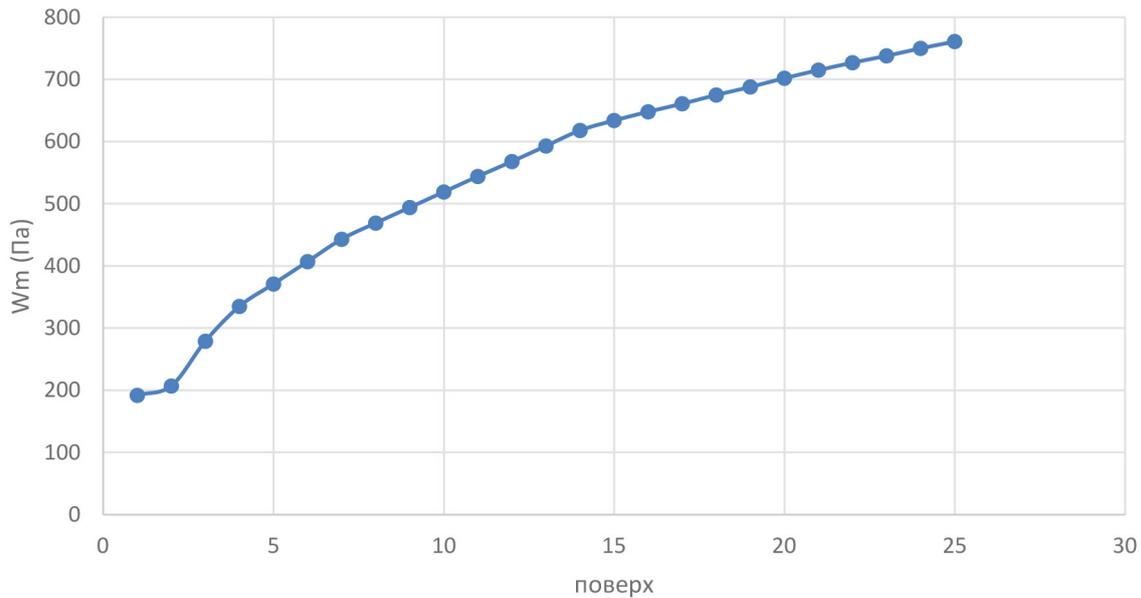


Рис. 3. Граничне розрахункове значення вітрового навантаження залежно від місця розташування будівлі та висоти розташування конструкції.

*Джерело: власні обчислення автора*

ДБН В.1.2-2:2006 з урахуванням висоти монтажу конструкції, тиску вітру на фундамент та питомих поправочних коефіцієнтів.

Результати розрахунків вітрового навантаження на віконну конструкцію зображено на рис. 3.

Розрахунок моментів інерції показав, що із зростанням висоти встановлення конструкції підвищується необхідна жорсткість елементів для сприйняття вітрового навантаження. Якщо на нижніх поверхах (1–3 поверхи) достатньо стандартних рамних профілів типу 046 у комбінації з елементами 076 або 123, то починаючи з 4 поверху спостерігається поступове збільшення розрахункового моменту інерції.

Фактичні значення ( $I_x$ ) для вибраних комбінацій профілів у всіх випадках перевищують або відповідають необхідним розрахунковим показникам, що підтверджує правильність підбору вузлів посилення. Починаючи з 12 поверху рекомендовано застосування товстостінних профілів (із товщиною 2,0 мм), які забезпечують момент інерції до **64,0 см<sup>4</sup>**, що повністю покриває потреби конструкції при тиску **568 Па**. Аналіз отриманих даних показав чітку залежність вітрового навантаження від висоти встановлення віконної конструкції. На першому поверсі (до 3-го поверху, висота до 8,4 м) розрахунковий тиск повітря не перевищував 280 Па, що відповідає помірному навантаженню на профіль та склопакети. Починаючи з 5–6 поверхів (висота

понад 14 м), навантаження зростає до більше 400 Па, що вимагає використання армованих колон або металеві арматури. Подальше збільшення висоти будівлі призводить до поступового зростання тиску повітря:

на 10-му поверсі ( $\approx 28$  м) – 519 Па,

на рівні 15 поверху ( $\approx 42$  м) – 634 Па,

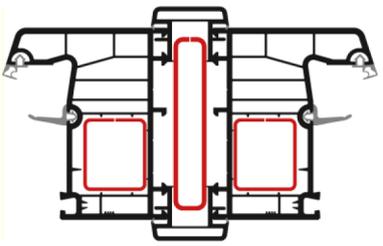
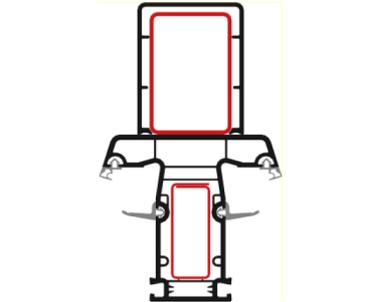
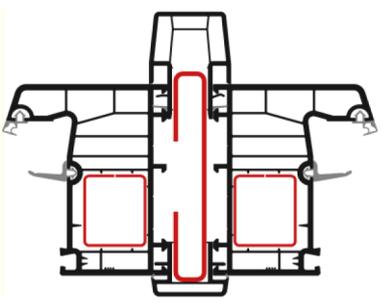
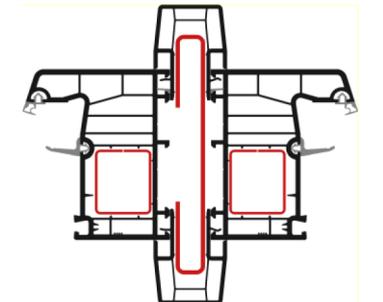
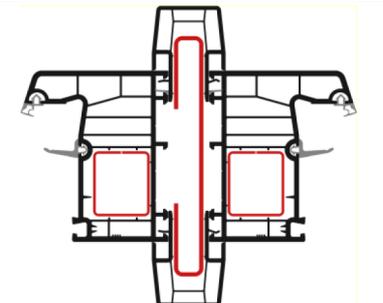
а на верхньому рівні (рівень 25,  $\approx 70$  м) максимальне граничне значення становить 761 Па.

Отже, загальне збільшення вітрового навантаження від першого до двадцять п'ятого поверху становить приблизно в чотири рази. Це призводить до значного збільшення дефектів вертикальних елементів (стійок) та збільшує ризик деформації або розтріскування склопакета, особливо при використанні стандартних металопластикових профілів.

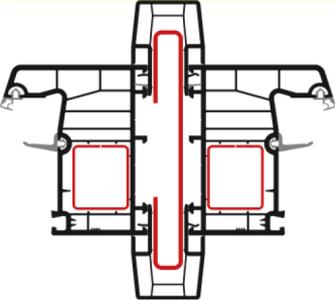
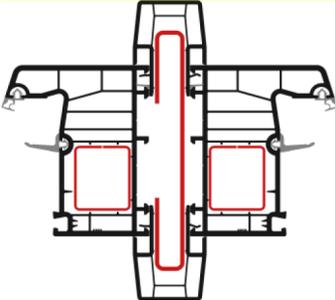
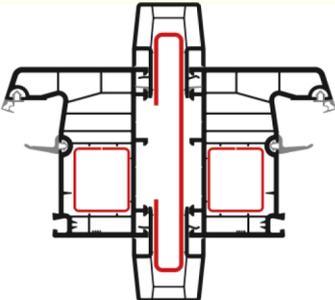
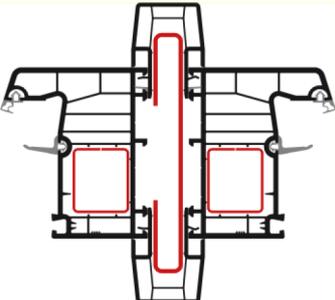
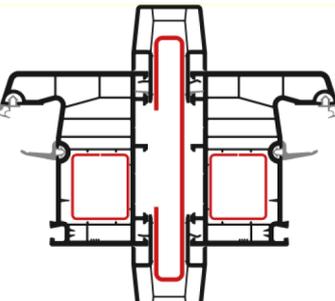
Ці результати підтверджують необхідність врахування висоти конструкції під час проектування систем скління для висотних будівель. Для поверхів вище восьмого поверху рекомендується використовувати додаткові кріплення стійки для підтримки балок, що перерозподіляє навантаження та зменшує ризик пошкодження скла. Графічне представлення результатів розрахунку показано на рисунку 3, де показано поступове збільшення тиску вітру зі збільшенням висоти конструкції.

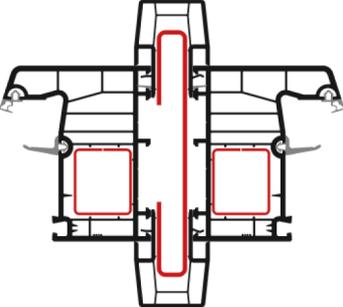
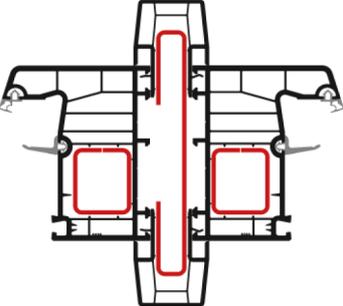
У всіх розглянутих варіантах вертикальний імпорт, розташований посередині конструкції, залишається основним елементом, який сприймає вітрове навантаження, а ефек-

Таблиця 2. Розрахункове значення моментів інерції та можливі вузли елементів посилення конструкції «ок-1»

Поверх	Креслення вузла	$W_m$ (Па)	Номер вузла	Опис	Момент інерції $I_x$ фактичний	Момент інерції $I_x$ необх.	Імпост
1		192	832	$x_2$ Рама 046 [27 × 31 × 27 × 31 – 1.5] + $x_2$ з'єдн. 076 [14 × 74 × 14 × 74 – 2.0]	21.6	21.3	імпост вертикальний посередині
2		207	827	Імпост 048 [19 × 47 × 19 × 47 – 1.2] + D141 [40 × 60 × 40 × 60 – 2.0]	23.1	23	імпост вертикальний посередині
3		279	835	$x_2$ Рама 046 [27 × 31 × 27 × 31 – 1.2] + з'єдн. 076 та 123 [30 × 14 × 90 × 14 × 30 – 2.0]	33.1	31	імпост вертикальний посередині
4		335	847	$x_2$ Рама 046 [27 × 31 × 27 × 31 – 1.2] + $x_2$ з'єдн. 123 [30 × 14 × 115 × 14 × 30 – 2.0]	62.2	37.2	імпост вертикальний посередині
5		371	847	$x_2$ Рама 046 [27 × 31 × 27 × 31 – 1.2] + $x_2$ з'єдн. 123 [30 × 14 × 115 × 14 × 30 – 2.0]	62.2	41.2	імпост вертикальний посередині

Продовження табл. 2

Поверх	Креслення вузла	$W_m$ (Па)	Номер вузла	Опис	Момент інерції $I_x$ фактичний	Момент інерції $I_x$ необх.	Імпост
6		407	847	$x_2$ Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	45.2	імпост вертикальний посередині
7		443	847	$x_2$ Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	49.2	імпост вертикальний посередині
8		469	847	$x_2$ Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	52.1	імпост вертикальний посередині
9		494	847	$x_2$ Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	54.8	імпост вертикальний посередині
10		519	847	$x_2$ Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	57.6	імпост вертикальний посередині

Поверх	Креслення вузла	$W_m$ (Па)	Номер вузла	Опис	Момент інерції $I_x$ фактичний	Момент інерції $I_x$ необх.	Імпост
11		544	847	$x_2$ Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 1.2] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	62.2	60.4	імпост вертикальний посередині
12		568	849	$x_2$ Рама 046 $[27 \times 31 \times 27 \times 31 - 2.0] + x_2$ з'єдн. 123 $[30 \times 14 \times 115 \times 14 \times 30 - 2.0]$	64.0	63	імпост вертикальний посередині

Джерело: власні обчислення автора

тивність його роботи забезпечується за рахунок правильного підбору комбінації рамних і з'єднувальних профілів.

З підвищенням висоти будівлі сила вітру збільшується. Тому, верхні поверхи будівлі повинні бути оснащені більш жорсткими конструктивними елементами. Для перших трьох поверхів стандартні профілі каркасу типу 046 були поєднанні з елементами 076 або 123. Збільшення необхідного моменту інерції, починаючи з четвертого поверху, вимагає посилення віконних конструкцій. Реальні значення моменту інерції в профілях, представлених у Таблиці 2, є такими ж, або більшими за розрахункові значення. Це свідчить про те, що посилення конструкції було обрано правильно. Рекомендується використовувати товстостінні профілі з товщиною 2 мм після дванадцятого поверху. Ці елементи забезпечують момент інерції близько  $64 \text{ см}^4$  і можуть витримувати тиск до 568 Па. У всіх варіантах розрахунку центральна частина вікна підсилена вертикальним імпостом. Така конструкція витримує навантаження від вітру та залишається. Стабільність конструкції покращується завдяки правиль-

ному поєднанню каркасних і з'єднувальних профілів.

Отримані результати показали, що критичне вітрове навантаження для великої металопластикової конструкції значно залежить від висоти будівлі. Розрахунки вітрового навантаження на металопластикову конструкцію показують збільшення тиску з висотою будівлі приблизно від  $\sim 192$  Па на 1-му до  $\sim 761$  Па на 25-му поверхах. Ці результати відповідають критеріям ДБН В.1.2-2:2006, які дозволяють враховувати висоту конструкції та рельєф місцевості при визначенні критичних вітрових навантажень [1, с. 7]. Для забезпечення необхідного прогину конструкції та підтримки стабільності елементів фасаду було проведено розрахунки моментів інерції імпостів згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 [2, с. 6]. Наші висновки узгоджуються з сучасними роботами в галузі фасадного скління. Зокрема, результати узгоджуються з роботами М. Майкла та колег, які систематизують технології скління та підкреслюють необхідність адаптації конструкцій до навантажень, в залежності від висоти будівель [3, с. 5357]. У праці Йожвік (2022) також зазначено, що при вико-

ристанні великопролітних скляних установок необхідно підсилювати їхні несучі елементи. Це узгоджується з нашими рекомендаціями щодо вертикальних імполів [4, с. 1255]. Експериментальна робота М. Андреа та ін. (2024) показує, що з правильними кріпленнями та варіантами підсилення каркасу для зменшення пошкоджень від зовнішніх факторів, таких як удари або вітрові навантаження, можна значно зменшити ймовірність пошкодження структури скляної плити, як вже продемонстровано використанням вертикальних імполів та товстостінних профілів [5, с. 769]. Комплексне дослідження З. Ванга та ін. (2024), представлене в матеріалах для віконних рам, ілюструє жорсткість і міцність профілів та їх важливість для розподілу навантаження, що схоже на профілі, обрані для різних висот для порівняння в нашому випадку [6, с. 6091]. Е. Сорушніа та ін. у відношенні до планування вікон підкреслюють вимогу досягнення збалансованої жорсткості між конструкціями та енергозбереженням, що відповідає нашій пропозиції щодо підсилення профілів на верхніх поверхах при збереженні функціональності [7, с. 1824]. Крім того, українські дослідження, проведені Ратушняком та ін. (2025), аналогічно підкреслюють, що вибір правильних конструктивних вузлів та імполів впливає на безпеку та надійність великих віконних систем у широкому масштабі [8,9]. Порівняльне дослідження з більш технологічними варіантами, наприклад, Х. Zhang та ін. (2024) вивчали прозорі композитні матеріали з вищою ударною стійкістю; метод підсилення металопластикових імполів виявляється ефективним та економічно вигідним типом гарантії надійності фасаду без дорогих спеціальних матеріалів [10, с. 4]. Нарешті, дослідження Y.-g. Li та ін. (2022) щодо вітрового навантаження на висотні будівлі з нерегулярними формами зазначає, що висота та геометрія будівлі мають важливий вплив на максимальні сили [11, с. 2], підтверджуючи те, що ми виявили; з висотою ми отримуємо зростання моменту інерції залежно.

Результати нашого дослідження підтвердили основні тенденції у виробництві та експлуатації віконних систем у ПВХ профілях, знайдені в українських та зарубіжних публікаціях. Наша робота представляє конкретні проектні рішення, які підходять для великогабаритних металопластикових віконних систем.

**Висновки.** У ході дослідження розраховано вітрові навантаження на металопластикову віконну конструкцію багатоповерхової будівлі в Києві з урахуванням висоти будівлі, рельєфу місцевості та типу міської забудови. Було встановлено, що максимальний тиск повітря зростає зі збільшенням висоти: від 192 Па на першому поверсі до 761 Па на 25му поверсі. Це підтверджує необхідність врахування висоти монтажу при проектуванні фасадних систем.

Розрахунок моментів інерції вертикальних та горизонтальних імполів показав, що на нижніх поверхах достатньо стандартних рамних профілів, тоді як для верхніх поверхів потрібні товстостінні профілі або додаткові елементи посилення. Реальні моменти інерції для підібраних комбінацій профілів перевищують або відповідають розрахунковим показникам, що свідчить про правильність конструктивного підбору.

Отримані результати показують, що центральний вертикальний імпол залишається основним елементом, який сприймає основне навантаження від вітру, а правильне поєднання каркасних і з'єднувальних профілів забезпечує стабільність і довговічність конструкції. Результати досліджень показали, що для верхніх поверхів будівель використання додаткових кріпильних елементів доцільне лише в тих випадках, коли постачальник не може укомплектувати конструкцію підсилювачем товщиною 2 мм. Таким чином, дослідження підтверджує, що врахування висоти будівлі та жорсткості елементів віконної конструкції дозволяє оптимізувати проектування металопластикових систем великого розміру, забезпечуючи їх надійність, безпеку та економічність.

### Література

1. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування» №ДБН В.1.2-2:2006. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3199621970136139233](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199621970136139233)
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей. БУДСТАНДАРТ Online – нормативні документи будівельної галузі України. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=26934](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26934)
3. A Systematic Review and Classification of Glazing Technologies for Building Façades / M. Michael et al. *Energies*. 2023. Vol. 16, № 14. P. 5357. <https://doi.org/10.3390/en16145357>
4. Józwiak A. Application of Glass Structures in Architectural Shaping of All-Glass Pavilions, Extensions, and Links. *Buildings*. 2022. Vol. 12, № 8. P. 1254. <https://doi.org/10.3390/buildings12081254>
5. Mitigating Blast Hazards: Experimental Evaluation of Anti-Shatter Films and Catcher-Cable Systems on Conventional Windows / M. Andrae et al. *Buildings*. 2024. Vol. 14, № 3. P. 767. <https://doi.org/10.3390/buildings14030767>
6. Optimizing the Performance of Window Frames: A Comprehensive Review of Materials in China / Z. Wang et al. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, № 14. P. 6091. <https://doi.org/10.3390/app14146091>
7. Optimizing Window Configuration Counterbalancing Energy Saving and Indoor Visual Comfort for Sydney Dwellings / E. Sorooshnia et al. *Buildings*. 2022. Vol. 12, № 11. P. 1823. <https://doi.org/10.3390/buildings12111823>
8. Ратушняк Г., Панькевич В., Панькевич О. Фактори, що впливають на оцінку стану безпеки при виборі віконних конструкцій. *Сучасні технології, матеріали та дизайн у будівництві*. 2025. Т. 37, № 2. С. 87–93. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-2-87-93>
9. Ratushnyak G. S., Pankevych V. V. Identification of factors that determine the safety of windows under the influence of a blast wave. *Modern technology, materials and design in construction*. 2023. Vol. 35, № 2. P. 42–48. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-42-48>
10. Simultaneous Enhancement of Thermal Insulation and Impact Resistance in Transparent Bulk Composites / X. Zhang et al. *Advanced Materials*. 2024. <https://doi.org/10.1002/adma.202311817>
11. Wind loads characteristics of irregular shaped high-rise buildings / Y.-g. Li et al. *Advances in Structural Engineering*. 2022. P. 136943322211207. <https://doi.org/10.1177/13694332221120700>

### References

1. Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (2006). *DBN V.1.2-2:2006 Navantazhennia i vplyvy. Normy proiektuvannia* [Loads and actions. Design standards]. Portal Yedynoi derzhavnoi elektronnoi systemy u sferi budivnytstva. Retrieved from [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3199621970136139233](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199621970136139233) [in Ukrainian].
2. Derzhavne pidpriemstvo “Ukrarkhbudinform”. (2010). *DSTU-NB V.2.6-146:2010 Konstruksii budynkiv i sporud. Nastanova shchodo proiektuvannia y ulashtuvannia vikon ta dverei* [Buildings and structures. Guidelines for the design and installation of windows and doors]. BUDSTANDART Online. Retrieved from [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=26934](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26934) [in Ukrainian].
3. Michael, M., Favoino, F., Jin, Q., Luna-Navarro, A., & Overend, M. (2023). A Systematic Review and Classification of Glazing Technologies for Building Façades. *Energies*, 16(14), 5357. <https://doi.org/10.3390/en16145357>
4. Józwiak, A. (2022). Application of Glass Structures in Architectural Shaping of All-Glass Pavilions, Extensions, and Links. *Buildings*, 12(8), 1254. <https://doi.org/10.3390/buildings12081254>
5. Andrae, M., van der Woerd, J. D., Wagner, M., Pietzsch, A., & Gebbeken, N. (2024). Mitigating Blast Hazards: Experimental Evaluation of Anti-Shatter Films and Catcher-Cable Systems on Conventional Windows. *Buildings*, 14(3), 767. <https://doi.org/10.3390/buildings14030767>
6. Wang, Z., Yao, L., Shi, Y., Zhao, D., & Chen, T. (2024). Optimizing the Performance of Window Frames: A Comprehensive Review of Materials in China. *Applied Sciences*, 14(14), 6091. <https://doi.org/10.3390/app14146091>
7. Sorooshnia, E., Rashidi, M., Rahnamayiezekavat, P., & Samali, B. (2022). Optimizing Window Configuration Counterbalancing Energy Saving and Indoor Visual Comfort for Sydney Dwellings. *Buildings*, 12(11), 1823. <https://doi.org/10.3390/buildings12111823>
8. Ratushniak, G., Pankevych, V., & Pankevych, O. (2025). Faktory, shcho vplyvaiut na otsinku stanu bezpeky pry vybori vikonnykh konstruksii [Factors influencing the assessment of the security situation when choosing window structures]. *Modern technology, materials and design in construction*, 37(2), 87–93. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2024-2-87-93> [in Ukrainian].
9. Ratushnyak, G. S., & Pankevych, V. V. (2023). Identification of factors that determine the safety of windows under the influence of a blast wave. *Modern technology, materials and design in construction*, 35(2), 42–48. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-42-48>
10. Zhang, X., Zhou, J., Wu, K., Zhang, S., Xie, L., Gong, X., He, L., & Ni, Y. (2024). Simultaneous Enhancement of Thermal Insulation and Impact Resistance in Transparent Bulk Composites. *Advanced Materials*. <https://doi.org/10.1002/adma.202311817>
11. Li, Y.-g., Liu, P., Li, Y., Yan, J.-h., & Quan, J. (2022). Wind loads characteristics of irregular shaped high-rise buildings. *Advances in Structural Engineering*, 136943322211207. <https://doi.org/10.1177/13694332221120700>

## NON-STANDARD METHODS OF FASTENING THE CENTRAL PART OF METAL-PLASTIC WINDOWS

**Abstract.** *The article considers the features of designing large-sized metal-plastic window structures for multi-storey buildings. The article considers the case in which load-bearing structures, such as reinforced concrete grilles, steel beams, or concrete elements, are located in front of the building's window opening. Because of this, the use of a standard facade-transom system becomes impossible. The possibility of attaching imposts to load-bearing elements is considered. The advantages and disadvantages of this approach are outlined, along with its prospects for future use. A review of materials and fastening systems for metal-plastic window structures for multi-storey buildings with large glazing areas is made. The influence of wind load on the elements of the window system and the determination of the required moment of inertia for imposts are analysed. The methodology for calculating the deflection of window structure elements under wind pressure was based on the recommendations of DBN V.1.2-2:2006 and DSTU-NB V.2.6-146:2010. The calculation of wind load on structures for the city of Kyiv was carried out. The calculation took into account the building's height, terrain type, relief, and wind direction. It was determined that the maximum air pressure increases with building height: from 192Pa on the first floor to 761Pa on the 25th floor/ This required the use of more rigid profiles and additional reinforcement elements on the upper floors. Calculations of moments of inertia showed that the selected combinations of frame and connecting profiles provide the necessary structural rigidity, and the central vertical impost receives the main load from the wind. It is shown that the correct selection of profiles and reinforcement nodes ensures stability, durability and safety of window systems. The results confirm the importance of accounting for the building height and wind load characteristics when designing large metal-plastic structures. The practical application of the method enables increasing the mechanical performance of double-glazed windows and optimising the cost of facade glazing.*

**Key words:** *metal-plastic window structures, wind load, moment of inertia, vertical impost, high-rise building, stiffness of profiles.*

Nekrylov A. M.  
Technician Installer



Дата надходження статті: 28.10.2025

Прийнято: 19.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025

УДК 69.003.13:658.562.

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2025.47.2025.7>

### **Постернак І. М.**

к.т.н., доцент, доцент кафедри організації будівництва та охорони праці  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса  
ORCID: 0000-0002-5274-8892

### **Постернак С. О.**

к.т.н., доцент, технічний спеціаліст  
ПП «Композит», м. Одеса  
ORCID: 0000-0003-0890-4963

### **Постернак О. С.**

здобувач вищої освіти  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса  
ORCID: 0000-0002-4568-9943

## **SWOT-АНАЛІЗ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ЗАСАД ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ**

***Анотація.** Згідно прийнятих вихідних даних (трудомісткість складових процесів будівництва, а також чисельний склад бригад) визначено тривалість будівництва умовного об'єкту. Ув'язано в часі і просторі виконання складових процесів цього будівництва. Роботи організовані потоковим методом з розбивкою умовного об'єкту на окремі ділянки – захватки. Задачу вирішено шляхом розрахунку матриці, розробкою лінійного графіка, циклограми а також сітьового графіка. Оперативне керування є складовою частиною організації будівельного виробництва, входить у загальну систему керування будівництвом і повинне сприяти своєчасному проведенню будівельних робіт у технологічній послідовності відповідно до планів і графіків за допомогою постійного контролю над виконанням робіт, їх безперервного обліку та регулювання, координації роботи будівельних підрозділів. На основі виконання SWOT-аналізу напрацьовані рекомендації щодо доцільності застосування календарного плану будівництва об'єкту у формах: лінійного та сітьового графіку, а також графіку у формі циклограми. Зокрема, календарний план будівництва об'єкту в лінійній формі доцільно застосовувати при невеликій кількості процесів для візуалізації послідовності етапів чи як допоміжний інструмент при оперативному управлінні будівельним потоком; календарний план будівництва об'єкту у формі циклограми доцільно застосовувати для будівництва об'єктів повторюваної структури при поточковому методі організації на етапі оперативного та технологічного планування для оптимізації розподілу ресурсів і ритмів виконання робіт; календарний план будівництва об'єкту у формі сітьового графіку доцільно застосовувати для складних, багатоступневих будівельних проєктів при плануванні взаємозалежних процесів у системах управління проєктами (Project Management Office) для контролю строків і ризиків для коригування графіку у режимі реального часу.*

***Ключові слова:** управління будівництвом, оперативно-календарне планування, календарний графік будівництва, SWOT-аналіз, будівельні потоки.*

**Постановка проблеми.** У сучасному бізнес-середовищі, котре характеризується швидкими змінами та високою конкуренцією, стратегічне планування стає невід'ємною складовою успіху будь-якої організації. Здатність компанії швидко реагувати на рин-

кові тенденції та адаптуватися до змін визначає її можливість для тривалого розвитку та зростання [1]. Отже, ефективність реалізації стратегій розвитку підприємств значною мірою визначається рівнем сформованості системи стратегічного управління. У цьому

контексті особливого значення набуває проведення SWOT-аналізу, який дозволяє комплексно оцінити внутрішні сильні та слабкі сторони підприємств, а також виявити зовнішні можливості й загрози, що впливають на їх стратегічний розвиток. Ретельне врахування результатів такого аналізу дає змогу сформулювати більш ефективну управлінську модель, адаптовану до умов ринку, з урахуванням її специфіки, ризиків та потенціалу зростання. SWOT-аналіз підприємств дозволяє комплексно оцінити як внутрішні потенціали, так і зовнішні фактори впливу на розвиток галузі в умовах сучасних викликів [2].

**Аналіз останніх досліджень.** Планування будівельного виробництва – функція управління, орієнтована на формування плану діяльності будівельної організації в плановому періоді для забезпечення безперервної, рівномірної і напруженої роботи на будівельних об'єктах [3, с. 19]. Планування практичного втілення інвестиційно-будівельного проєкту передбачає структур розподілення робіт проєкту, тривалості, витрат та результатів [4]. Оперативно-календарне ринково-орієнтоване планування є складним і багатоваріантним завданням, що забезпечує узгодженість і ритмічність процесу виробництва кінцевої продукції при раціональному використанні внутрішніх виробничих ресурсів [5].

Організація будівельного виробництва полягає у спрямуванні організаційних, технічних, технологічних рішень та інших заходів на реалізацію проєктних рішень щодо будівництва об'єкта з дотриманням вимог законодавства та нормативних документів і забезпеченням під час будівництва для введення в експлуатацію об'єкта з необхідною якістю й у встановлений термін [6, п. 5.2 та 7, п. 4.1].

Будівництво потрібно вести в технологічній послідовності відповідно до календарного плану (графіку) з урахуванням обґрунтованого сполучення окремих видів робіт [6, п. 5.4]. Оптимальний варіант календарного плану приймається у порівнянні з базовим на основі оцінки ризиків та економічної ефективності, в залежності від його доцільності по природним, технічним, технологічним, екологічним умовам [8, с. 243].

Календарний план будівництва промислового та житлово-цивільного призначення, незалежно від ступеня складності їх будівництва, встановлює черговість та строки будівництва основних і допоміжних об'єктів,

а також пускових комплексів і робіт підготовчого періоду з розподілом капітальних вкладень та обсягів будівельних робіт по кварталах будівництва підприємства, будівель (споруд), які входять до складу пускових комплексів, об'єктів основного виробничого, підсобного та обслуговуючого призначення відповідно до норм тривалості будівництва [6, п. 8.3.1].

Календарний план виконання робіт по об'єкту (виду робіт) в складі ПВР розробляють лише для: нескладного об'єкта, який містить будівлі, споруди або їхні частини невеликого будівельного обсягу з простими технологічними процесами, об'ємно-планувальними та конструктивними рішеннями, що передбачає участь у будівництві, крім генеральної підрядної будівельної організації, не більше двох спеціалізованих; окремих видів технічно складних і великих за обсягом будівельних, монтажних і спеціальних будівельних робіт; робіт підготовчого періоду [6, п.9.2.1].

**Мета роботи.** На основі виконання SWOT-аналізу напрацювати рекомендації щодо доцільності застосування календарного плану будівництва об'єкту у формах: лінійного та сітьового графіку, а також графіку у формі циклограми.

**Результати досліджень.** Згідно з умовними вихідними даними (рис. 1), це трудомісткість складових процесів будівництва, а також чисельний склад бригад, визначено тривалість будівництва умовного об'єкту. Роботи, які потрібно виконати, позначені буквами А, Б, В, Г, Д, Е.

Робота організована потоковим методом з розбивкою умовного об'єкту на окремі ділянки – захватки. Виконана ув'язка в часі і просторі виконання складових процесів будівництва. Наступний потік (робота) на захватці починається тільки після закінчення на ній попереднього і необхідних організаційних чи технологічних перерв.

Задача вирішується аналітичним шляхом з використанням матриці, на базі якої розробляється лінійний графік та циклограма, а також сітьовий графік.

Складено розрахункову матрицю (рис. 1) розміром 4 × 6 (чотири захватки і шість приватних потоків). У клітинки матриці записано тривалість кожного приватного потоку на кожній захватці, що розраховані для мінімально можливої інтенсивності виконання робіт.

Виконано розрахунок параметрів матриці (рис. 2). Для цього розраховано параметри

	А	Б	В	Г	Д	Е
кількість захваток						
кількість робітників, люді	36	6	12	8	5	24
кількість робітників, люді		30	6	24	5	6
кількість робітників, люді			72	8	5	24
кількість робітників, люді				35	5	24
кількість робітників, люді					35	5
кількість робітників, люді						24
кількість робітників, люді						6

		Вид роботи					
		А	Б	В	Г	Д	Е
		А ← Б	Б ← В	В ← Г	Г ← Д	Д ← Е	
Захватка	1	6	5	6	3	5	4
	2	6	5	6	3	5	4
	3	6	5	6	3	5	4
	4	6	5	6	3	5	4

Рис. 1. Вихідні данні

		Вид роботи								
		А	Б	В	Г	Д	Е			
		А ← Б	Б ← В	В ← Г	Г ← Д	Д ← Е				
Захватка	1	0	6-(-3)	9	14	20-(-9)	29	32	37-(-3)	40
		6	5	6	3	5	4			
	2	6	14	11	20	32	23	37	44	41
		6	-1	5	6	-3	3	5	-1	4
	3	12	19	16	26	35	26	42	48	45
		6	-2	5	6	-6	3	5	-2	4
	4	18	24	21	32	38	29	47	52	49
		6	-3	5	6	-9	3	5	-3	4
			24	29	26	38	41	32	52	56
										53

Рис. 2. Розрахункова матриця спеціалізованого потоку

першого потоку (результати розрахунку записано в клітинках матриці). Далі розраховано в першому наближенні параметри другого потоку. Визначено зближення ув'язуємих потоків на захватках, враховуючи що прийняті умови ув'язнення не дотримуються, змінено початок цього потоку на першій захватці та перераховано параметри потоку, а отже отримані нові зближення. Умова дотримується. Таким чином розрахунок цього потоку виконаний. За цією методикою розраховано

наступні потоки, при цьому постійно відстежувалися дотримання умов зближення.

Після розрахунку матриці побудовано графік виконання робіт по об'єкту в лінійній формі (рис. 3). Графік складається з двох частин: ліва – це інформаційна і права безпосередньо сам графік. В інформаційній частині вказано: вид роботи, кількість робітників та тривалість в днях. В правій частині графіка за допомогою горизонтальних відрізків показано час початку і закінчення виконання кожної роботи.

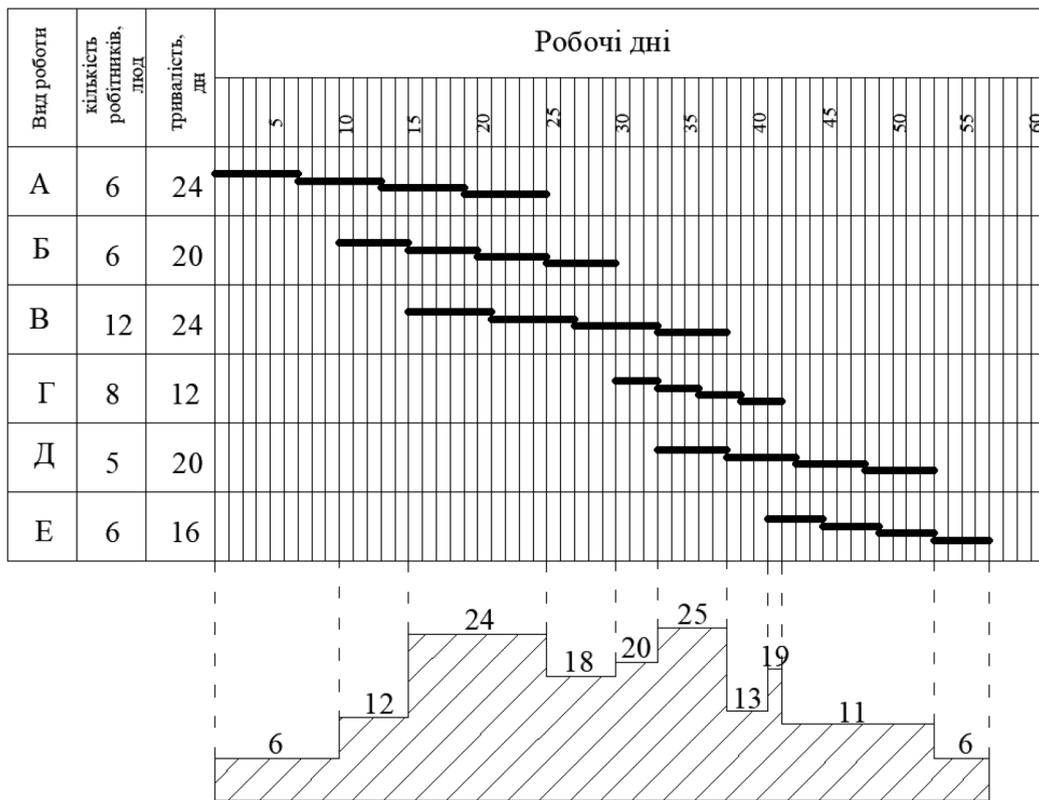


Рис. 3. Календарний план будівництва об'єкту в лінійній формі та гістограма використання трудового ресурсу

Роботи на календарному плані (рис. 3) показані у технологічній послідовності виконання з забезпеченням необхідних технологічних та організаційних перерв, з дотриманням вимог техніки безпеки. Процеси виконуються з максимально можливим суміщенням у часі та просторі, використовуючи основи потокового метода виконання робіт. У мінімально можливий термін надається фронт для здійснення наступних робіт. Однойменні роботи виконують безупинно за рахунок послідовного та безперервного переходу робочих бригад постійного складу з однієї захватки на іншу відповідно до принципів потокового будівництва. Прийнятий найбільш раціональний напрямок розвитку потоків по захватках з метою максимально можливого їхнього зближення.

На підставі розробленого календарного плану виконання робіт розробляється гістограма використання трудових ресурсів (рис. 3). Для цього під календарним планом проведено горизонтальну лінію, від якої у визначеному масштабі відкладено інтенсивність використання відповідного ресурсу за одиницю часу при виконанні роботи. Отриману гістограму використання трудового ресурсу порівнюють із фактичними можливостями організації його

забезпечення. При цьому слід прагнути до забезпечення рівномірності та неперервності споживання ресурсів і до отримання ресурсної реалізованості проекту.

За розрахунковою матрицею будується циклограма потоку (рис. 4). Вона моделює розвиток потоку в часі та просторі. По осі абсцис відкладено тимчасові параметри потоків (рік, місяць, календарні дати робочих днів і робочі дні), а по осі ординат – просторові (номера захваток) і організаційні (найменування циклів робіт) характеристики потоків. Приватні потоки зображено відрізками прямих похилих ліній у межах захваток. Початок і закінчення кожного відрізка на захватці визначаються часовими параметрами розрахункової матриці. Якщо приватний потік ритмічний – лінія пряма, неритмічний – ламана. Потоки нумеруються.

Воснову сітьових моделей (рис. 5) покладена теорія графів. Залежно від цілого ряду ознак відомі різні види моделей і різноманітні форми їхнього представлення. У будівельній практиці в системах сітьового планування та управління найбільше поширення набули сітьові моделі, орієнтовані на роботи. Застосовано найпростішу детерміновану одноцільову сітьову

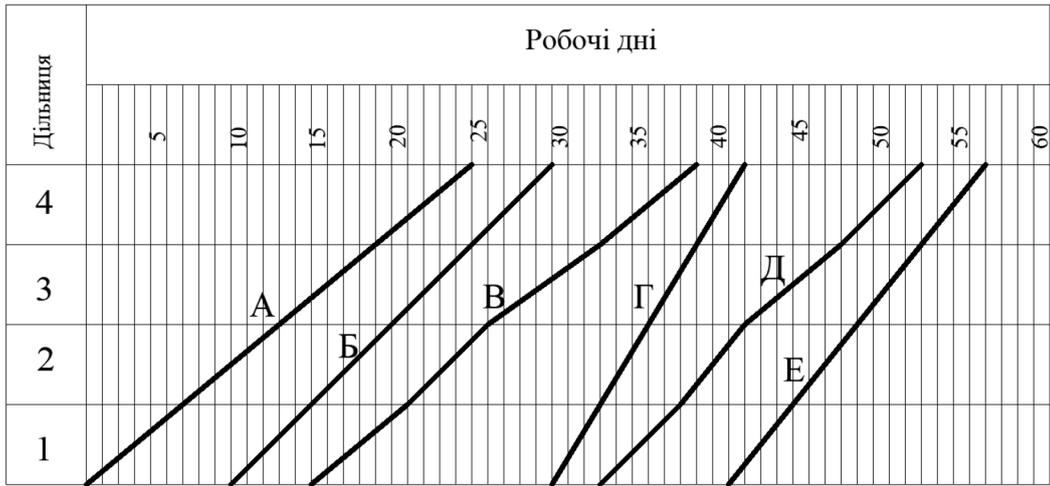


Рис. 4. Календарний план будівництва об'єкту в вигляді циклограми спеціалізованого потоку

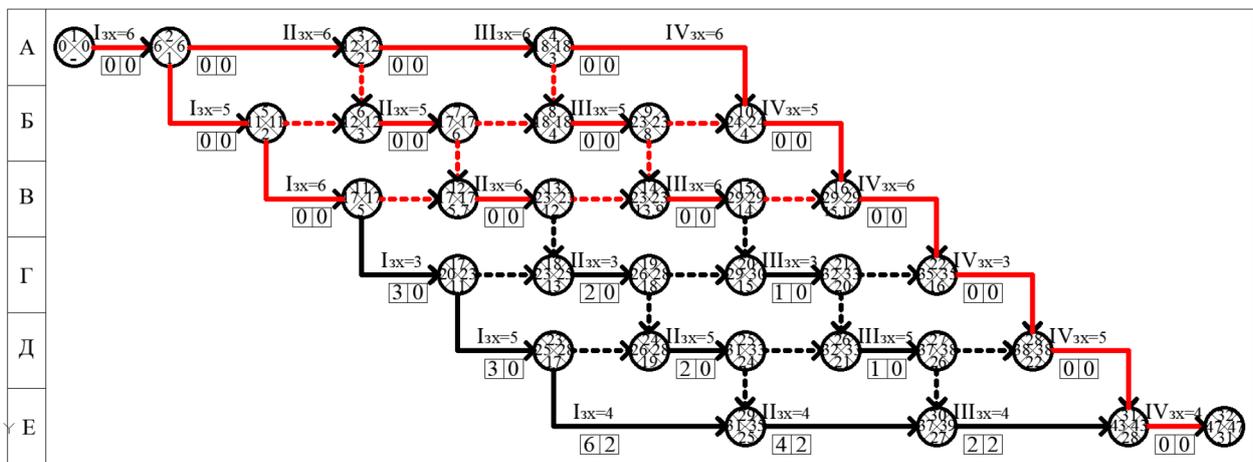


Рис. 5. Календарний план будівництва об'єкту в вигляді сітьової моделі

модель типу «роботи-дуги». У таких сітьових моделях усі роботи, що входять у деяку подію, з'єднані за наступною схемою: подія настає тільки тоді, коли виконана кожна з цих робіт. Аналогічно вихідні з події роботи також з'єднані за тією ж схемою, тобто настання події означає можливість почати кожен з цих робіт.

Будь-яка сітьова модель складається з деяких елементів таких як ресурсна робота, очікування, залежність, подія та шлях. Для заданого комплексу робіт зведення умовного об'єкту складено сітьову модель за правилами побудови сітьових моделей: напрямок побудови і розгортання сітьової моделі від вихідної події до завершальної. Спочатку показано всі ресурсні роботи, які за допомогою зв'язків (фіктивних робіт) ув'язуються в єдину модель. Зв'язки відображають технологічну послідовність виконання робіт, враховують визначальні обмеження по основних ресурсах, моделюють організаційні і технологічні

перерви, враховують правила техніки безпеки. У процесі побудови перевіряється на правильність побудови топології, відповідність її комплексу робіт, що моделюється, аналізується, чи є всі попередні роботи, необхідні для початку наступних робіт. Після цього виконується графічне упорядкування сітьової моделі. Модель перетворюється у більш зручний вид для подальшого використання шляхом виключення фіктивних робіт, що не несуть інформаційного навантаження, та виконується кодування події сітьової моделі. Для розробленої сітьової моделі розраховані часові параметри аналітичним способом по роботах безпосередньо на графіку. Результати розрахунку записано по секторах кожної події.

Для вихідної події прийнято що ранній початок дорівнює нулю, далі розраховані ранні терміни початку робіт: визначені послідовно по всіх шляхах сітьового графіку прямим ходом розрахунку, починаючи від вихід-

ної події до завершальної. Для завершальної події прийнято що ранній початок дорівнює пізньому завершенню. Після цього розраховано пізні терміни закінчення робіт. Розрахунок вівся зворотнім ходом, починаючи від завершальної події до вихідної. Наступним кроком розраховано загальний і приватний резерви часу робіт, які розміщено в прямокутниках під кожною роботою – це дозволяє визначити критичний шлях сітьової моделі. На критичному шляху лежать ті роботи, у яких загальний і приватний резерви часу робіт дорівнюють нуль. На сітьовому графіку критичний шлях виділено червоним. Отримана в такий спосіб сітьова модель з розрахованими часовими параметрами виконує роль календарного плану зведення об'єкту у формі сітьового графіку (рис. 5).

Графічна модель зведення будівлі (споруди) наочно відображає хід робіт у часі та просторі, їх послідовність і взаємне узгодження та може бути представлена в циклограмній, сітьовій та лінійній формах. Календарні строки виконання робіт встановлюють за умов дотримання суворої технологічної послідовності з урахуванням необхідності в мінімально можливий строк надати фронт робіт для виконання наступних робіт. Час підготовки фронту робіт в багатьох випадках збільшується через необхідність дотримання технологічних перерв між двома послідовно виконуваними роботами. Такі технологічні перерви пов'язані з властивостями матеріалів, які застосовують. Технологічна послідовність робіт залежить від конкретних проектних рішень. Основним методом скорочення будівництва об'єктів є потоково-паралельне та сумісне виконання будівельних робіт. Роботи, не пов'язані між собою, потрібно виконувати паралельно та незалежно одна від одної. За наявності технологічного зв'язку між роботами в межах загального фронту відповідно зміщуються ділянки їх виконання, і роботи виконують сумісно. При цьому потрібно враховувати правила охорони праці [6, п. 9.2.10].

Оперативне керування є складовою частиною організації будівельного виробництва, входить у загальну систему керування будівництвом і повинне сприяти своєчасному проведенню будівельних робіт у технологічній послідовності відповідно до планів і графіків за допомогою постійного контролю над виконанням робіт, їх безперервного обліку та регулювання, координації роботи будівельних

підрозділів, підрозділів виробничо-технологічної комплектації, транспортних організацій і підприємств – постачальників будівельних матеріалів, конструкцій і деталей [6, п.11.1].

Серед численних інструментів стратегічного планування, SWOT-аналіз (аналіз сильних та слабких сторін, можливостей та загроз) займає особливе місце. Цей метод є фундаментальним інструментом, що дозволяє не тільки наглядно відобразити поточний стан справ у компанії, але й визначити перспективи та напрямки для майбутнього розвитку. Простота у використанні та універсальність SWOT роблять його ідеальним вибором для організацій будь-якого розміру. На практиці SWOT-аналіз може виявити свої сильні сторони у визначенні стратегічних переваг компанії, однак його слабкі сторони також варто враховувати, особливо коли мова йде про суб'єктивність оцінок та потенційну недостатність глибини аналізу [1].

Виконано SWOT-аналіз трьох типів календарних графіків (табл. 1...3) із рекомендаціями щодо їх застосування у будівельному проекті (за допомогою умовного об'єкту, потокового методу, шістьох будівельних процесів: А, Б, В, Г, Д, Е).

*Рекомендації щодо доцільності застосування календарного плану будівництва об'єкту в лінійній формі* (табл. 1):

- при невеликій кількості процесів (до 10) або короткому циклі робіт;
- на етапі календарного планування для візуалізації послідовності етапів;
- для представлення графіка керівництву, замовнику чи контролюючим органам (зрозуміла форма);
- як допоміжний інструмент при оперативному управлінні будівельним потоком.

*Рекомендації щодо доцільності застосування календарного плану будівництва об'єкту у формі циклограми* (табл. 2) доцільно використовувати:

- для будівництва об'єктів повторюваної структури (секцій, поверхів, доріг, блоків);
- при потоковому методі організації (кілька бригад рухаються послідовно по захватках);
- на етапі оперативного та технологічного планування;
- для оптимізації розподілу ресурсів і ритмів виконання (скорочення простоїв).

*Рекомендації щодо доцільності застосування календарного плану будівництва об'єкту у формі сітьового графіку* (табл. 3) доцільно застосовувати:

**Таблиця 1. SWOT-аналіз для календарного графіку у лінійній формі**

<b>Strengths (сильні сторони)</b>	<b>Weaknesses (слабкі сторони)</b>	<b>Opportunities (можливості)</b>	<b>Threats (загрози)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Наглядно показує послідовність і тривалість робіт.</li> <li>• Простий у побудові та сприйнятті.</li> <li>• Зручний для контролю виконання по тижнях або декадах.</li> <li>• Добре підходить для невеликих об'єктів або однотипних робіт.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Не відображає логічні залежності між операціями.</li> <li>• Не показує резерви часу.</li> <li>• Важко врахувати зміни та паралельність процесів.</li> <li>• Не зручно відображати складні зв'язки між роботами.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Використання як оперативного плану для щоденного контролю на майданчику.</li> <li>• Інтеграція з системами обліку трудових ресурсів.</li> <li>• Використання як базового шаблону для короткострокового планування.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Похибки у вихідних даних призводять до зміщення строків усіх робіт.</li> <li>• Висока залежність від дисципліни виконавців.</li> <li>• Необхідність частішої актуалізації.</li> </ul>

*Джерело: сформовано авторами*

**Таблиця 2. SWOT-аналіз для календарного графіку у формі циклограми**

<b>Strengths (сильні сторони)</b>	<b>Weaknesses (слабкі сторони)</b>	<b>Opportunities (можливості)</b>	<b>Threats (загрози)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Відображає ритмічність і безперервність потоку робіт.</li> <li>• Дозволяє планувати роботу бригад по ділянках (захватках).</li> <li>• Мінімізує прості між процесами.</li> <li>• Полегшує балансування потоку і узгодження етапів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Складна у побудові при різних тривалості робіт.</li> <li>• Вимагає точної синхронізації процесів і ритмів.</li> <li>• Не підходить для унікальних або нестандартних об'єктів.</li> <li>• Менш ефективна при змінних умовах на майданчику</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Оптимізація складу бригад і техніки.</li> <li>• Використання для масового або повторюваного будівництва (житлові секції, дороги).</li> <li>• Може бути базою для моделювання потоків у BIM або СPM-системах</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Затримка одного процесу порушує ритм усього потоку.</li> <li>• Високі вимоги до організації праці.</li> <li>• Ризики через невідповідність фактичної продуктивності плановій</li> </ul>

*Джерело: сформовано авторами*

**Таблиця 3. SWOT-аналіз для календарного графіку у формі сітьового графіку**

<b>Strengths (сильні сторони)</b>	<b>Weaknesses (слабкі сторони)</b>	<b>Opportunities (можливості)</b>	<b>Threats (загрози)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Відображає логічні зв'язки між усіма роботами.</li> <li>• Дозволяє визначити критичний шлях і резерви часу.</li> <li>• Оптимізує послідовність і ресурси.</li> <li>• Добре підходить для аналізу ризиків та сценарного планування</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Складний у побудові без спеціального програмного забезпечення.</li> <li>• Потребує високої точності вихідних даних.</li> <li>• Важко читати без навичок інтерпретації.</li> <li>• Потребує частого оновлення при змінах у проєкті</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Використання для управління великими або комплексними проєктами.</li> <li>• Можливість автоматизації в MS Project, Primavera, OpenPlan.</li> <li>• Аналіз сценаріїв «що якщо» при зміні термінів чи ресурсів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Помилки у залежностях або тривалостях призводять до хибного критичного шляху.</li> <li>• Затримки на критичних роботах призводять до зриву всього графіку.</li> <li>• Велика кількість взаємозв'язків ускладнює оновлення</li> </ul>

*Джерело: сформовано авторами*

– для складних, багатоступневих будівельних проєктів (комплекси, об'єкти інфраструктури);

– при плануванні взаємозалежних процесів (технологічні, монтажні, інженерні системи);

– у системах управління проєктами (Project Management Office) для контролю строків і ризиків;

– як основу для розрахунку критичного шляху та резервів часу, що допомагає коригувати графік у режимі реального часу.

**Висновки.** На основі виконання SWOT-аналізу напрацьовані рекомендації щодо доцільності застосування календарного плану будівництва об'єкту у формах: лінійного та сітьового графіку, а також графіку у формі циклограми. Зокрема, календарний план будівництва об'єкту в лінійній формі доцільно

застосовувати при невеликій кількості процесів для візуалізації послідовності етапів чи як допоміжний інструмент при оперативному управлінні будівельним потоком; календарний план будівництва об'єкту у формі циклограми доцільно застосовувати для будівництва об'єктів повторюваної структури при потоковому методі організації на етапі оперативного та технологічного планування для оптимізації розподілу ресурсів і ритмів виконання робіт; календарний план будівництва об'єкту у формі сітьового графіку доцільно застосовувати для складних, багатоступневих будівельних проєктів при плануванні взаємозалежних процесів у системах управління проєктами (Project Management Office) для контролю строків і ризиків для коригування графіку у режимі реального часу.

### Література

1. Копчак Ю. С., Лобунець Т. В., Луковський Р. І. SWOT-аналіз як важливий інструмент у розробці стратегії бізнесу. *та суспільство: електронний журнал*, 2024. Вип. № 61. Видавничий дім «Гельветика». DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-146>
2. Кондратенко Н. О., Новікова М. М., Матвєєва Н. М. Напрями підвищення ефективності стратегії розвитку підприємств альтернативної енергетики України. *Економіка та суспільство: електронний журнал*, 2025. Вип. № 76. Видавничий дім «Гельветика». <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-76-71>
3. Лізунков О. В., Дарієнко В. В., Скриннік І. О. Організація будівництва: навчальний посібник для студентів з елементами кредитно-трансферної системи організації навчального процесу (для підготовки бакалаврів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форм навчання). Кропивницький: ЦНТУ, 2020. 145с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/4f0c981d-dc67-46b8-9889-6102d17279cd/content>
4. Микитюк Ю. Оцінювання та управління вартістю інвестиційно-будівельних проєктів. *Вісник економіки: науковий журнал*, 2024. № 2. Тернопіль: Західноукраїнський національний університет. С. 226–237. URL: <https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/52404/1/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D1%82%D1%8E%D0%BA.PDF>
5. Георгіаді Н. Г., Свірська О. Б. Концептуальний базис оперативно-календарного планування виробництва продукції. *Ефективна економіка: електронний журнал*, 2012. № 12. Дніпро: ДДАЕУ. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1641>
6. ДСТУ 9258:2023 «Настанова з організації виконання будівельних робіт». 2024. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 84 с. URL: <https://www.gitn.org.ua/images/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%209258%202023.pdf>
7. ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва». 2016. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 50с. URL: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3113373519350597353](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3113373519350597353)
8. Дружинін А. В., Давиденко О. А. Особливості проєктів організації будівництва гідротехнічних об'єктів. *Науковий вісник будівництва: збірник*, 2015. Том 82 № 4. Харків: ХНУБА. С. 241–243. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/article/view/1564/1563>

### References

1. Kopychak, Yu. S., Lobunets, T. V., & Lukovskiy, R. I. (2024). SWOT-analiz yak vazhlyvyi instrument u rozrobtsi stratehii biznesu [SWOT-analysis as an important tool in developing a business strategy]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*, № 61. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-146> [in Ukrainian].
2. Kondratenko, N. O., Novikova, M. M., & Matvieieva, N. M. (2025). Napriamy pidvyshchennia efektyvnosti stratehii rozvytku pidpriemstv alternatyvnoi enerhetyky Ukrayiny [Directions for increasing the effectiveness of the development strategy of alternative energy enterprises in Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*, № 76. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-76-71> [in Ukrainian].
3. Lizunkov, O. V., Dariienko, V. V., & Skrynnik, I. O. (2020). Orhanizatsiia budivnytstva [Construction organization]. *Navchalnyi posibnyk – tutorial*, 145 s. [in Ukrainian]. Retrieved from: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/4f0c981d-dc67-46b8-9889-6102d17279cd/content>
4. Mykytiuk, Yu. (2024). Otsiniuvannia ta upravlinnia vartistiu investytsiino-budivelnykh proiektiv [Estimation and cost management of investment and construction projects]. *Visnyk ekonomiky – Economic Bulletin*. № 2, 226–237. Retrieved from: <https://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/52404/1/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D1%82%D1%8E%D0%BA.PDF> [in Ukrainian].

5. Heorhiadi, N. H., & Svirska, O. B. (2012). Kontseptualnyi bazys operatyvno-kalendarneho planuvannia vyrobnytstva produktsii [Conceptual basis of operational and calendar planning of production]. *Efektivna ekonomika – Efficient economy*, № 12. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1641> [in Ukrainian].
6. DSTU 9258:2023 (2023). Nastanova z orhanizatsii vykonannia budivnykh robot [Guidelines for organizing construction work]. 84s. Retrieved from: <https://www.gitn.org.ua/images/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%209258%202023.pdf> [in Ukrainian].
7. DBN A.3.1-5:2016 (2016). Orhanizatsiia budivnoho vyrobnytstva [Organization of construction production]. Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy – Ministry of Regional Development, Construction, Housing and Communal Services of Ukraine. 50 s. Retrieved from: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3113373519350597353](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3113373519350597353) [in Ukrainian].
8. Druzhynin, A. V., & Davydenko, O. A. (2015). Osoblyvosti proektiv orhanizatsii budivnytstva hidrotekhnichnykh ob'ektiv [Features of projects for organizing the construction of hydraulic engineering facilities]. *Naukovyi visnyk budivnytstva – Scientific Bulletin of Construction*, 82 № 4, 241–243. Retrieved from: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/1564/1563> [in Ukrainian].

## SWOT ANALYSIS OF CONCEPTUAL BASIS OF OPERATIONAL AND CALENDAR PLANNING IN CONSTRUCTION

**Abstract.** *According to the accepted conditional initial data (labor intensity of the component processes of construction, as well as the number of teams), the duration of the construction of a conditional object is determined. The execution of the component processes of this construction is linked in time and space. The work is organized by the flow method with the breakdown of the conditional object into separate sections – sections. The problem is solved by calculating the matrix, developing a linear graph, a cyclogram, and also a network graph. Operational management is an integral part of the organization of construction production, is part of the general construction management system and should contribute to the timely implementation of construction work in a technological sequence in accordance with plans and schedules by means of constant control over the execution of work, their continuous accounting and regulation, and coordination of the work of construction units. Based on the SWOT analysis, recommendations have been developed on the feasibility of using a facility construction schedule in the following forms: linear and network schedules, as well as a schedule in the form of a cyclogram. In particular, a facility construction schedule in a linear form is advisable to use for a small number of processes to visualize the sequence of stages or as an auxiliary tool in the operational management of the construction flow; a facility construction schedule in the form of a cyclogram is advisable to use for the construction of facilities with a repetitive structure in the flow method of organization at the stage of operational and technological planning to optimize the distribution of resources and rhythms of work; a facility construction schedule in the form of a network schedule is advisable to use for complex, multi-stage construction projects when planning interdependent processes in project management systems (Project Management Office) to control deadlines and risks for adjusting the schedule in real time.*

**Key words:** *construction management, operational and calendar planning, construction schedule, SWOT analysis, construction flows.*

### Posternak I. M.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department Organization of construction and labor protection  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

### Posternak S. O.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Technical Expert  
Private Company “Composite”, Odessa

### Posternak O. S.

Higher Education Student  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa



Дата надходження статті: 26.10.2025

Прийнято: 15.11.2025

Опубліковано: 30.12.2025

УДК 624.138

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2025.47.2025.8>**Рудін А. А.**

аспірант кафедри технології будівельного виробництва

Навчально-науковий інститут Придніпровська державна академія будівництва та архітектури  
Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро

ORCID: 0000-0003-4215-3884

**Несевря П. І.**

к.т.н., доцент кафедри технології будівельного виробництва,

Навчально-науковий інститут Придніпровська державна академія будівництва та архітектури  
Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро

ORCID: 0000-0003-2371-7381

**КОРЕЛЯЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ОБВОДНЕНИХ ЛЕСОВИХ ҐРУНТІВ  
М. ДНІПРО МЕТОДАМИ ДИНАМІЧНОГО ТА СТАТИЧНОГО ЗОНДУВАННЯ**

***Анотація.** Попри тривалу історію використання методу динамічного зондування для інженерно-геологічних досліджень, досі залишається неузгодженим питання коректної інтерпретації результатів, отриманих за допомогою малогабаритних ручних динамічних зондів. Більшість існуючих досліджень зосереджені на спробах встановлення прямих кореляційних залежностей між показниками динамічного та статичного зондування без урахування конструктивних особливостей зондів та їх метрологічної взаємозамінності. Такий підхід значно обмежує можливість порівняння результатів різних методів, особливо в умовах використання нестандартизованих або дослідних моделей малогабаритних зондів. Актуальним залишається питання створення уніфікованого підходу до побудови системи кореляційних залежностей, що передбачає врахування перехідних етапів між нестандартними ручними приладами та стандартними установками статичного зондування. Особливої складності набуває ця задача при дослідженні лесових ґрунтів, які характеризуються високою варіабельністю фізико-механічних властивостей та чутливістю до зволоження.*

*Стаття присвячена польовому методу оцінки властивостей обводнених лесових ґрунтів із застосуванням малогабаритних пристроїв методом динамічного зондування і кореляція результатів з результатами отриманими методом статичного зондування.*

*З'ясовано, що виведені в результаті випробувань малогабаритними динамічними зондами замочених лесових ґрунтів нижче рівня ґрунтових вод кореляційні залежності між показниками динамічного та статичного зондування є достатньо стійкими, хоча й були отримані на обмеженій базі вихідних даних.*

*В результаті проведених досліджень лесових ґрунтів встановлено, що малогабаритні зонди можуть бути використані при проведенні інженерних вишукувань на лесових ґрунтах, у тому числі й замочених, особливо при вирішенні нестандартних задач у специфічних умовах (зокрема зондування через фундаментні плити в підвалах будівель з метою вивчення складу та стану ґрунтів основ, у пазухах котлованів тощо).*

*Виявлені відмінності характеристик, отриманих під час динамічного зондування різних ярусів лесових ґрунтів м. Дніпро, дозволяють стверджувати про наявність властивих лише їм характерних особливостей, зокрема й графічного типу.*

**Ключові слова:** зондування, дослідження ґрунтів, методи дослідження фундаментів і основ, інструментальні методи, ґрунти, геологічні умови.

**Постановка проблеми.** Виконання досліджень масиву лесових ґрунтів методом зондування потребує одночасного врахування

багатьох факторів, зокрема технічних характеристик зонду, рівня розташування ґрунтових вод та врахування регіонального розташування

майданчику дослідження для застосування відповідних кореляційних залежностей для обробки результатів досліджень. Особливої складності набуває дослідження зондуванням обводнених лесових ґрунтів та встановлення кореляційних залежностей для таких ґрунтів при їх дослідженні методом статичного і динамічного зондування.

**Аналіз останніх публікацій.** Аналіз більшості наявних на сьогоднішній день розробок у сфері динамічного зондування показав, що основна увага дослідників приділена встановленню кореляційних залежностей між результатами випробувань ґрунтів динамічними зондами, у тому числі й малогабаритними, та стандартними установками статичного зондування [1–4] та зазначається, що одним із складних випадків залишається встановлення надійних кореляційних зв'язків саме для лесових ґрунтів.

**Мета роботи:** виконання порівняльних досліджень обводнених лесових ґрунтів м. Дніпро методами статичного та динамічного зондування і аналіз отриманих результатів.

**Результати досліджень.** Об'єктом дослідження методом динамічного зондування були розкриті будівельним котлованом четвертинні еолово-делювіальні ґрунти, представлені такими різновидами (нумерація шарів згори донизу згідно з матеріалами інженерних вишукувань на ділянці):

– шар 5 (vdQIIIud). Супіски лесові удайського горизонту, світло-жовті, пластичні, карбонатизовані, з поодинокими вкрапленнями гідрооксидів марганцю. Залягають під суглинками шару 4 потужністю від 0,5 до 2,7 м;

– шар 6 (edQIIIpl). Суглинки лесові прилуцького горизонту, жовтувато-бурі, темно-бурі, м'якопластичні, з прошарками та лінзами пластичних супісків, карбонатизовані. Потужність шару – 1,9–4,2 м. Фактично є основним досліджуваним шаром;

– шар 7 (vdQIII dn). Супіски лесові дніпровського горизонту, палево-жовті, пластичні, з прошарками суглинків, у підшві запіщані, з рідкісними жовнаками карбонатів. Залягають повсюдно потужністю від 2,4 до 5,9 м.

Особливістю ділянки є розташування рівня ґрунтових вод у середньому на 1 м нижче дна котловану – фактично на межі між 5 та 6 шарами.

На момент початку проведення досліджень на цій ділянці в котловані ще тривали роботи з улаштування пальових фундаментів (рис. 1). На даному етапі досліджень ручним зондом зі дна котловану були досліджені ґрунти шарів 5 (частково, поблизу підшви шару), 6 (повністю, по всій товщі), 7 (частково, в покрівлі шару), представлені лесовими супісками та лесовими суглинками пластичної консистенції, які є проєктною основою плити ростверку пальового фундаменту майбутньої будівлі.



Рис. 1. Майданчик проведення досліджень з позначенням точок зондування (т.д.з. № 1 зліва, т.д.з. № 2 справа)

Для проведення досліджень ґрунтів шарів 5, 6, 7 зі дна котловану на відм. 63,00–64,05 м було виконано зондування в 3-х точках (рис. 2) глибиною до 3,7 м (т.д.з. № 1, т.д.з. № 2, т.д.з. № 3). Вибір точок і на даному етапі досліджень визначався виконанням будівельних робіт у котловані та переміщенням будівельної техніки. Точка зондування № 1 була намічена безпосередньо біля точки статичного зондування № 1 та розвідувальної свердловини № 2, пройдених на стадії вишукувань, з метою зіставлення отриманих при зондуванні обома методами даних з фізико-механічними властивостями лесових ґрунтів, а також виведення кореляційних залежностей між параметрами динамічного та статичного зондування. Слід зазначити, що виконання статичного зон-

дування лесової товщі в гірничо-технічних умовах міста здійснювалося вкрай рідко, і з цієї причини наявні нечисленні архівні дані мають значну цінність для дослідницьких цілей.

Порівняння загального вигляду графіків зондування (залежності параметрів  $N/P_d$  від глибини  $H$ ) у всіх точках (рис. 3–5) загалом свідчить про відносну однорідність складу лесових суглинків шару 6. Деяко відмінний графік у т.д.з. № 3 порівняно з графіками в т.д.з. № 1 та № 2 зумовлений більшою ступеню насиченості водою ґрунтів досліджуваної товщі, ймовірно, внаслідок тривалого впливу витоків із пошкоджених водонесучих комунікацій на прилеглий до контуру цієї частини котловану території суміжної житлової забудови.

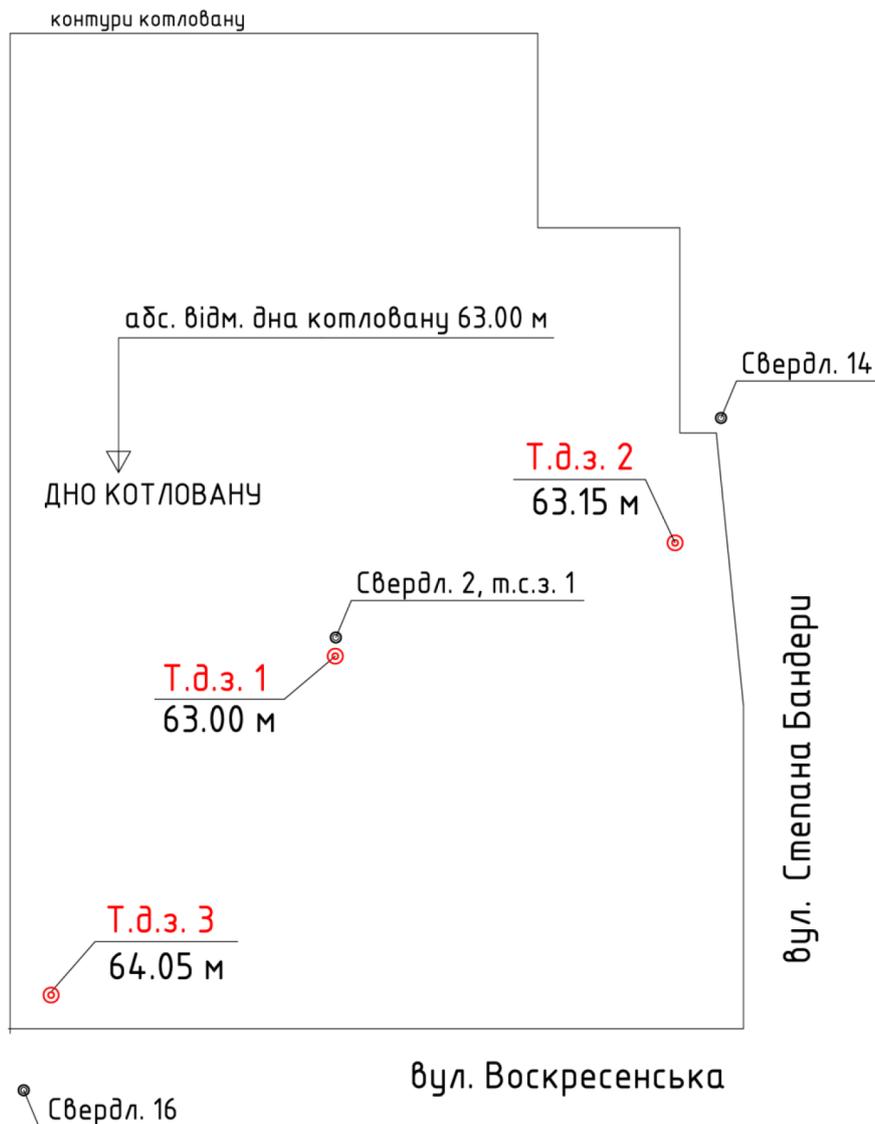


Рис. 2. Схема розташування точок зондування в котловані

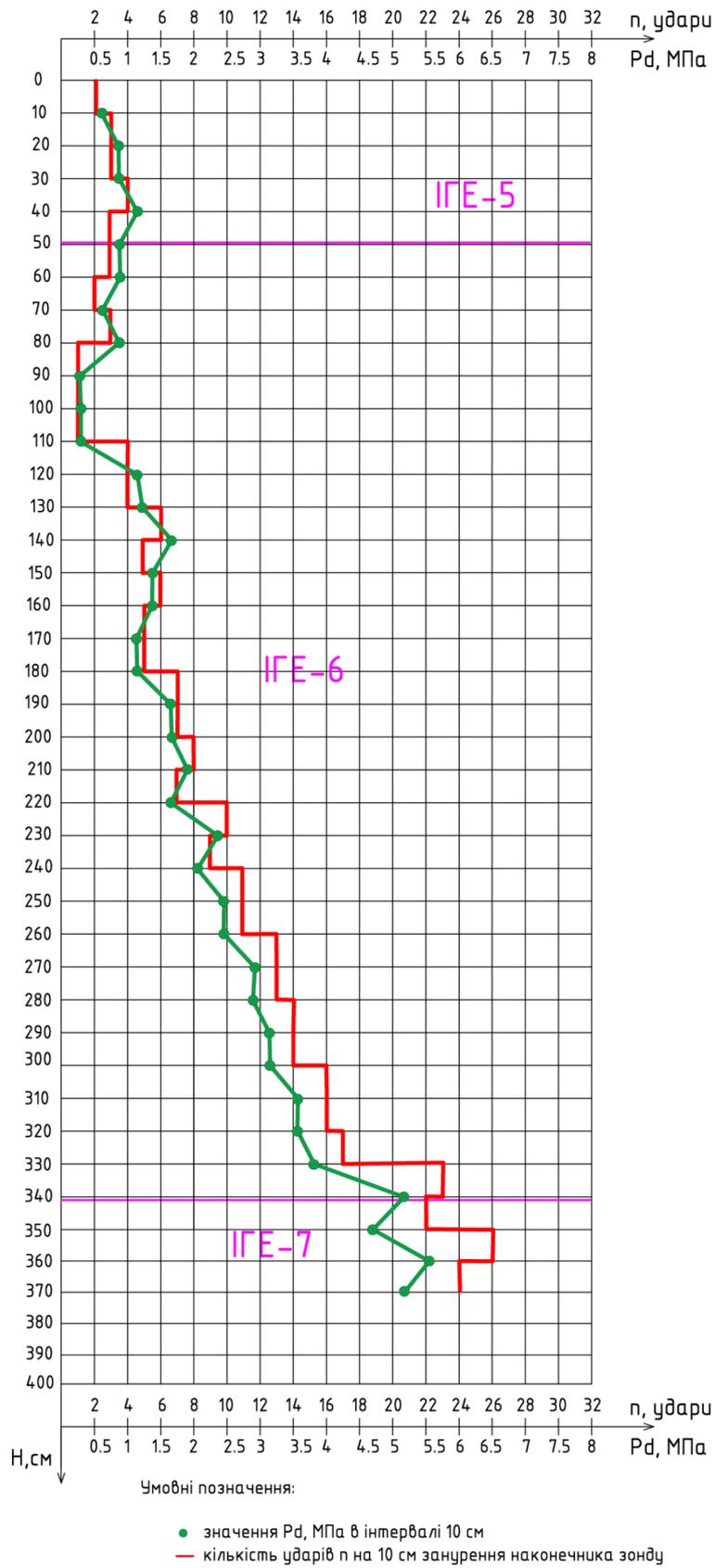


Рис. 3. Графік зондування лесової товщі шарів 5, 6, 7 в т.д.з. № 1 в котловані

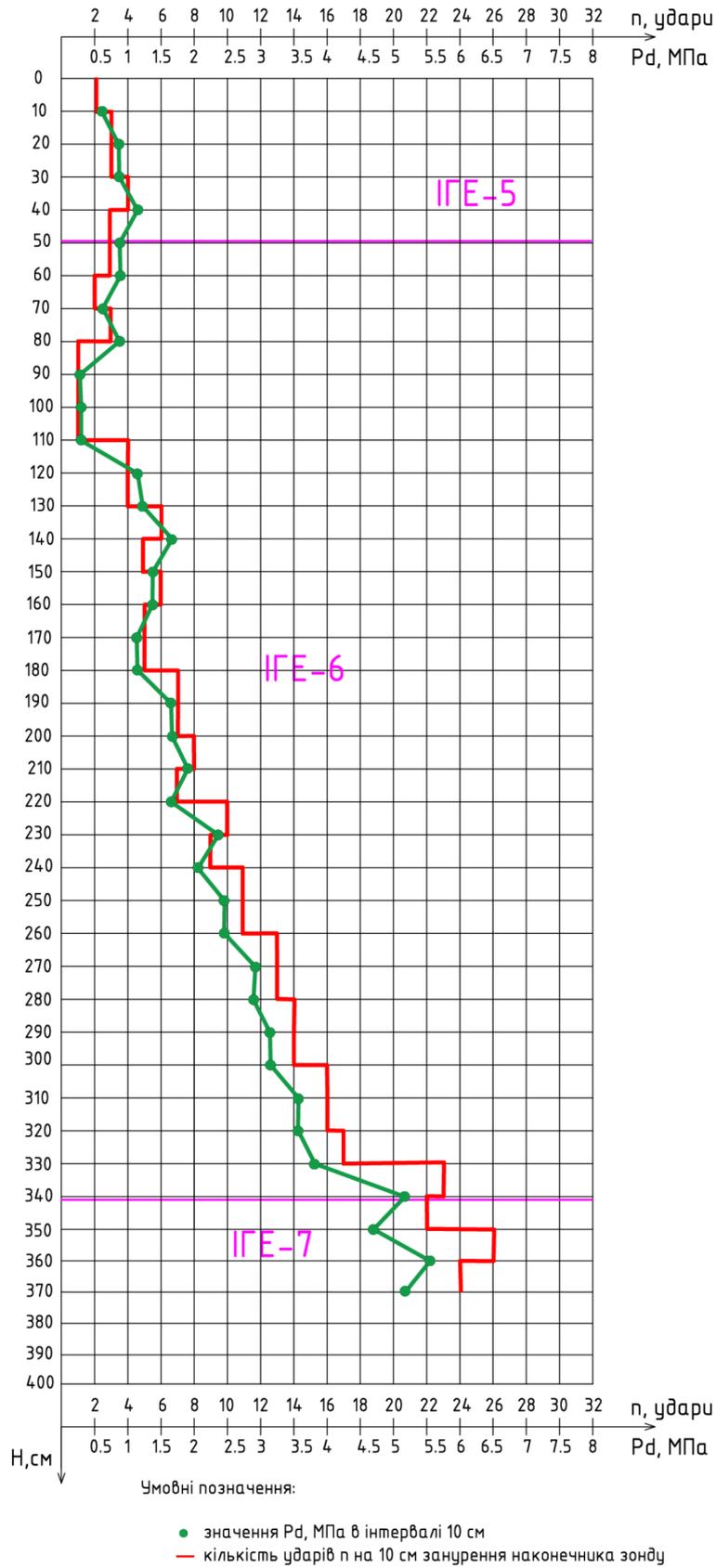


Рис. 4. Графік зондування лесової товщі шарів 5, 6, 7 в т.д.з. № 2 в котловані

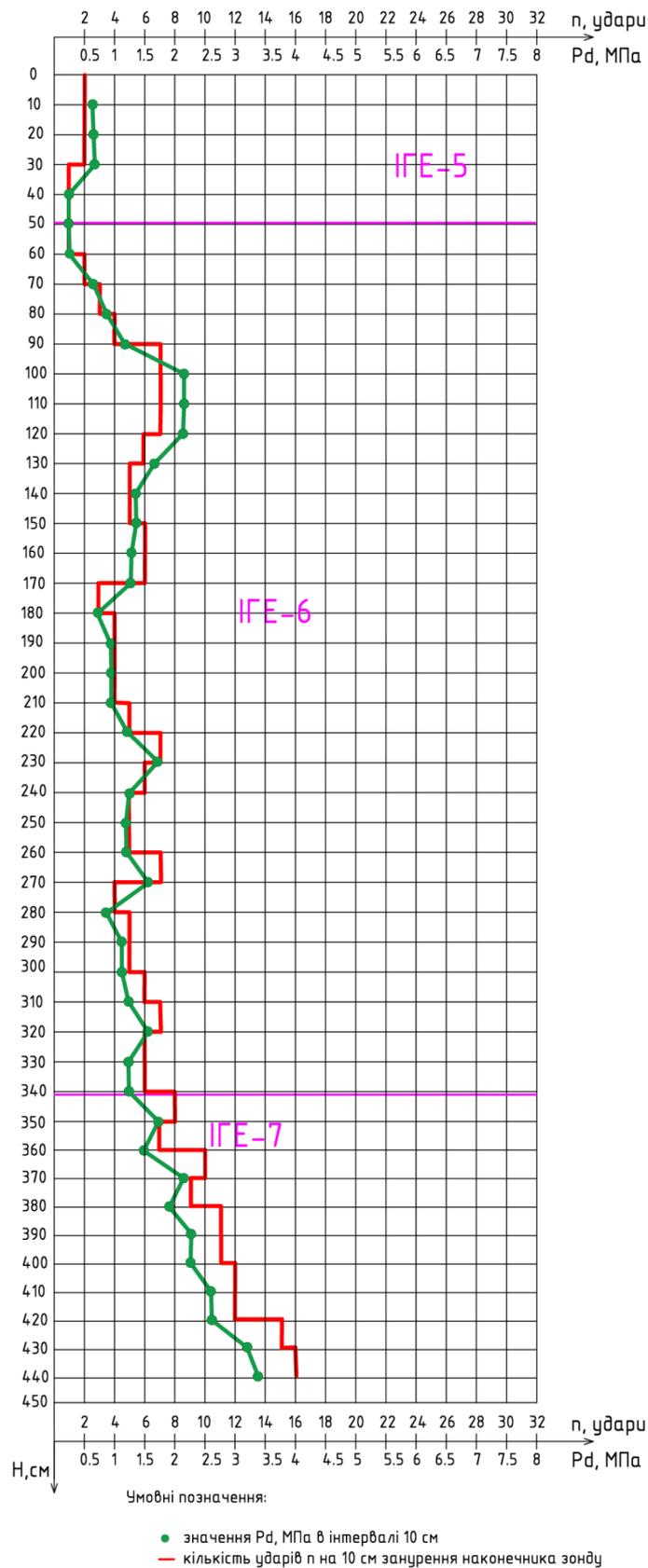


Рис. 5. Графік зондування лесової товщі шарів 5, 6, 7 в т.д.з. № 3 в котловані

Це також підтверджується графіками та частковими рівняннями залежності між  $P_d$  та  $N$  для лесових суглинків шару 6 в точках, що досліджуються (рис. 6):

Для т.д.з № 1:

$$N = 4,861P_d - 12\,979. \quad (1)$$

Для т.д.з № 2:

$$N = 4,7087P_d - 0,8242 \quad (2)$$

Для т.д.з № 3:

$$N = 4,6781P_d - 0,5904 \quad (3)$$

Причому шари 5 та 7 по всіх трьох точках зондування були виключені з інтервалу порівняння. Лесові супіски шару 5 – через розташування інтервалу зондування обмеженої потужності в підшві шару, до того ж поблизу дзеркала ґрунтових вод. А лесові супіски шару 7 – також через обмежений за глибиною інтервал зондування, що був приурочений лише до покрівлі цього шару і не відображає усіх особливостей будови товщі. У т.д.з. № 3 лесові супіски шару 7 не досліджувалися, оскільки залягали глибше.

Для визначення характеру можливої залежності між параметрами зондування та фізико-механічними властивостями лесових ґрунтів досліджуваної площадки використовувалися матеріали інженерно-геологічних вишукувань, виконані ДП «ДніпроДНТР» у 2006 та 2014 роках, а також збережені архівні матеріали інженерних вишукувань у межах міської території [16, 17]. Врахову-

ючи той факт, що ґрунти цієї площадки на стадії виконання інженерних вишукувань також вивчалися методом статичного зондування, було доцільно провести порівняльний аналіз результатів статичного зондування стандартною установкою з обладнанням ПКА-15 «Касета» та динамічного зондування малогабаритним зондувальним пристроєм. На основі цього аналізу передбачалося встановити кореляційні залежності типу  $N/q_c$  та  $P_d/q_c$  в інтервалі порівняння, орієнтуючись на глибину зондування лесових ґрунтів шарів 5, 6, 7 малогабаритним зондувальним пристроєм, виконаного зі дна котловану в точці зондування № 1. Також, враховуючи наявність фактора інваріантності значень  $P_d$ , отриманих різними зондами для лесових ґрунтів площадок у Соборному районі міста, передбачалося, що цей фактор інваріантності буде характерний і при дослідженнях лесових супісків та суглинків шарів 5, 6, 7 аналогічної консистенції на цій площадці.

За результатами аналізу даних статичного зондування на стадії вишукувань у точці статичного зондування № 1 біля свердловини № 2 та динамічного зондування у точці динамічного зондування № 1 було виведено для зазначених горизонтів лесових ґрунтів пластичної консистенції низку кореляційних рівнянь. Зокрема, кореляційні рівняння між показниками  $N$ ,  $P_d$  та питомим опором під конусом зонду  $q_c$ , МПа, мають наступний вигляд (рис. 7):

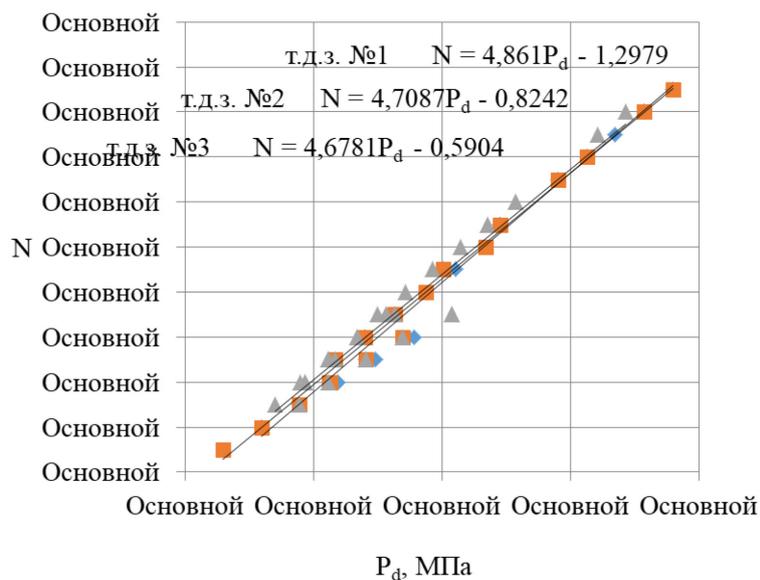


Рис. 6. Графіки і рівняння залежності між  $P_d$  та  $N$  для лесових суглинків шару 6 в т.д.з. № 1, № 2, № 3

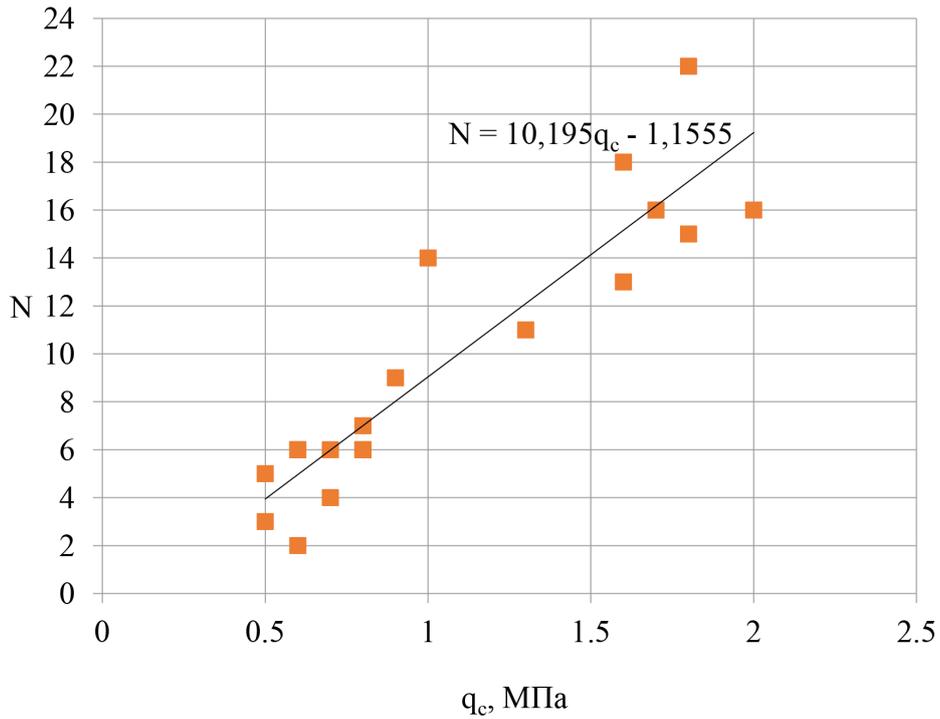


Рис. 7. Графік залежності між  $N$  і  $q_c$  для лесових ґрунтів шарів 5, 6, 7 в т.д.з. № 1

Зокрема, рівняння кореляції між  $N$ ,  $P_d$  та питомим опором під конусом зонда  $q_c$ , МПа, мають наступний вигляд (рис. 3.1.38–3.1.39):

$$N = 10,195q_c - 1,1555; \quad (4)$$

$$P_d = 2,0673q_c + 0,0808. \quad (5)$$

Також доволі добре прослідковується кореляційна залежність між  $N$ ,  $P_d$  та питомим опо-

ром тертю по боковій поверхні зонда –  $f_c$ , кПа (рис. 8–10).

$$N = 0,5515f_c - 7,3603; \quad (6)$$

$$P_d = 0,1101f_c - 1,1238 \quad (7)$$

Наведені вище кореляційні залежності між динамічним та статичним зондуванням з організаційно-технічних причин були отримані

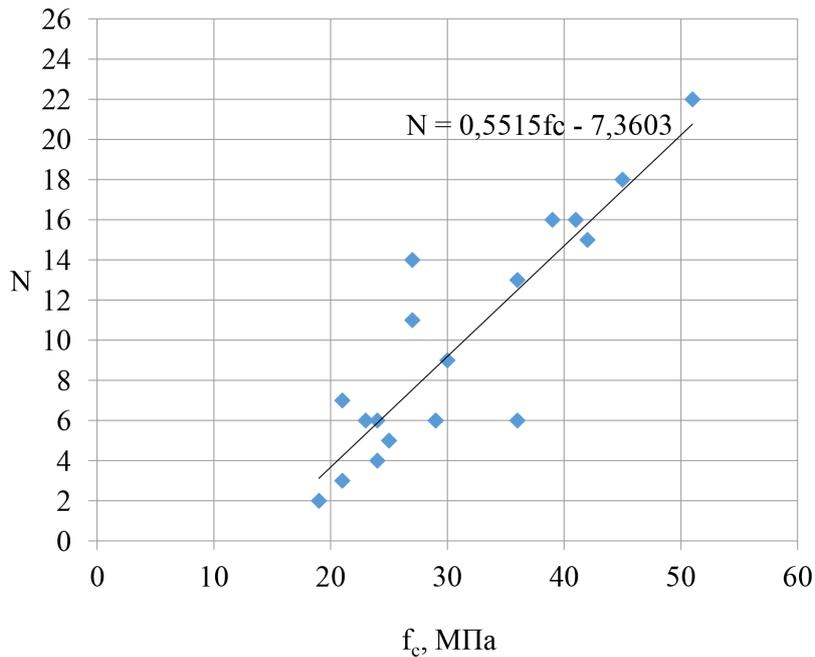
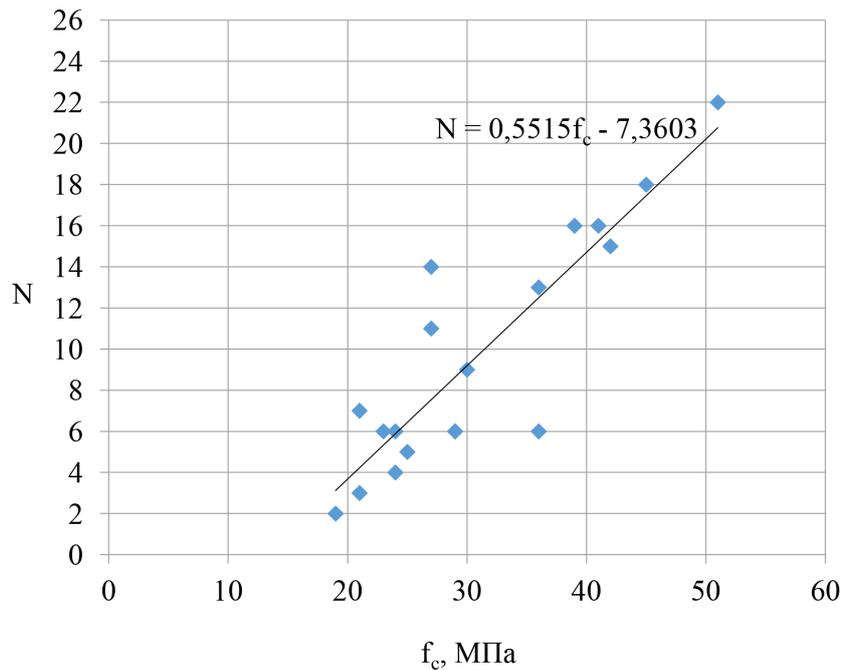
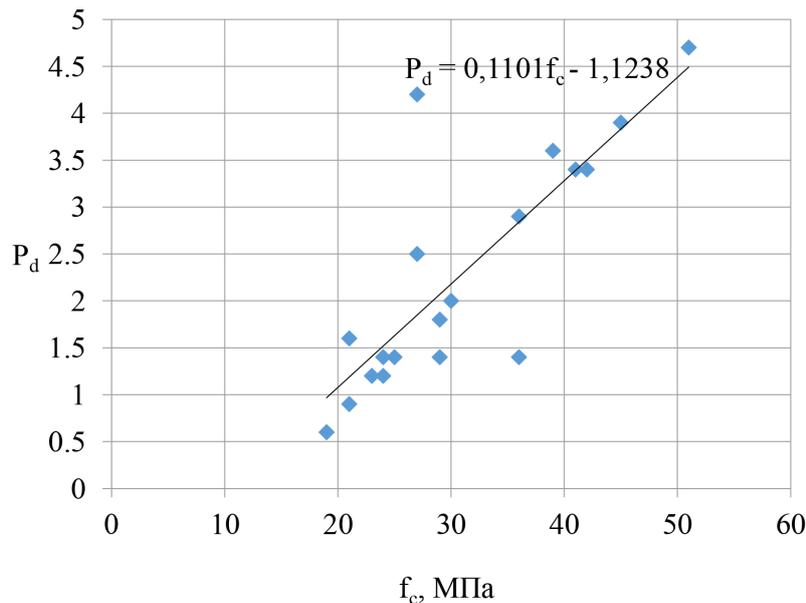


Рис. 8. Графік залежності між  $P_d$  і  $f_c$  для лесових ґрунтів шарів 5, 6, 7 в т.д.з. № 1

Рис. 9. Графік залежності між  $N$  і  $f_c$  для лесових ґрунтів шарів 5, 6, 7 в т.д.з. № 1Рис. 10. Графік залежності між  $P_d$  і  $f_c$  для лесових ґрунтів шарів 5, 6, 7 в т.д.з. № 1

фактично за результатами досліджень лише в одній точці майданчика – біля свердловини № 2 та точці статичного зондування № 1. З цієї ж причини вихідні дані через їх обмежену кількість не піддавались статистичній обробці, тобто рівняння кореляції спочатку мали дискретний характер.

Для лесових ґрунтів України Рубінштейном А. Я. та його колегами (7), на основі виведення кореляційних залежностей між умовним динамічним опором та лобовим

опором під конусом зонда при статичному зондуванні, встановлених для піщаних ґрунтів, було запропоновано власні кореляційні залежності, складені, зокрема, для лесовидних суглинків Одеської області з достатньою, на думку авторів, точністю:

$$P_d = 0,1133 + 1,454q_c - 0,0055q_c^2. \quad (8)$$

З огляду на цю обставину було визнано за необхідне здійснити перевірку отриманих залежностей, використовуючи рівняння

залежності між статичним та динамічним зондуванням, виведені іншими дослідниками (Рубінштейн і Кулачкін) для різних типів ґрунтів. У даному випадку найбільш можливим для застосування є рівняння залежності  $P_d$  від  $q_c$ , виведене Рубінштейном і Кулачкіним для лесових ґрунтів Півдня України. Результати порівняння параметра  $P_d$  для різних розрахункових рівнянь наведені на рис. 11.

Однак, рівняння Рубінштейна та Кулачкіна видається складним для практичного застосування через багатозначність варіантів розв'язання.

Слід також зазначити, що характерні залежності між показниками зондування  $N/P_d$  та такими характеристиками ґрунту, як загальне зчеплення  $C$ , густина ґрунту  $\rho$ , густина сухого ґрунту  $\rho_d$ , пористість  $n$ , коефіцієнт пористості  $e$ , у ході досліджень на цій ділянці отримати не вдалося. Виняток становлять характеристики тертя по боковій поверхні зонду  $f_c$ .

**Висновки.** Встановлено, що малогабаритні зонди можуть бути використані при проведенні інженерних вишукувань на лесових ґрунтах, у тому числі й замочених, особливо при вирішенні нестандартних задач

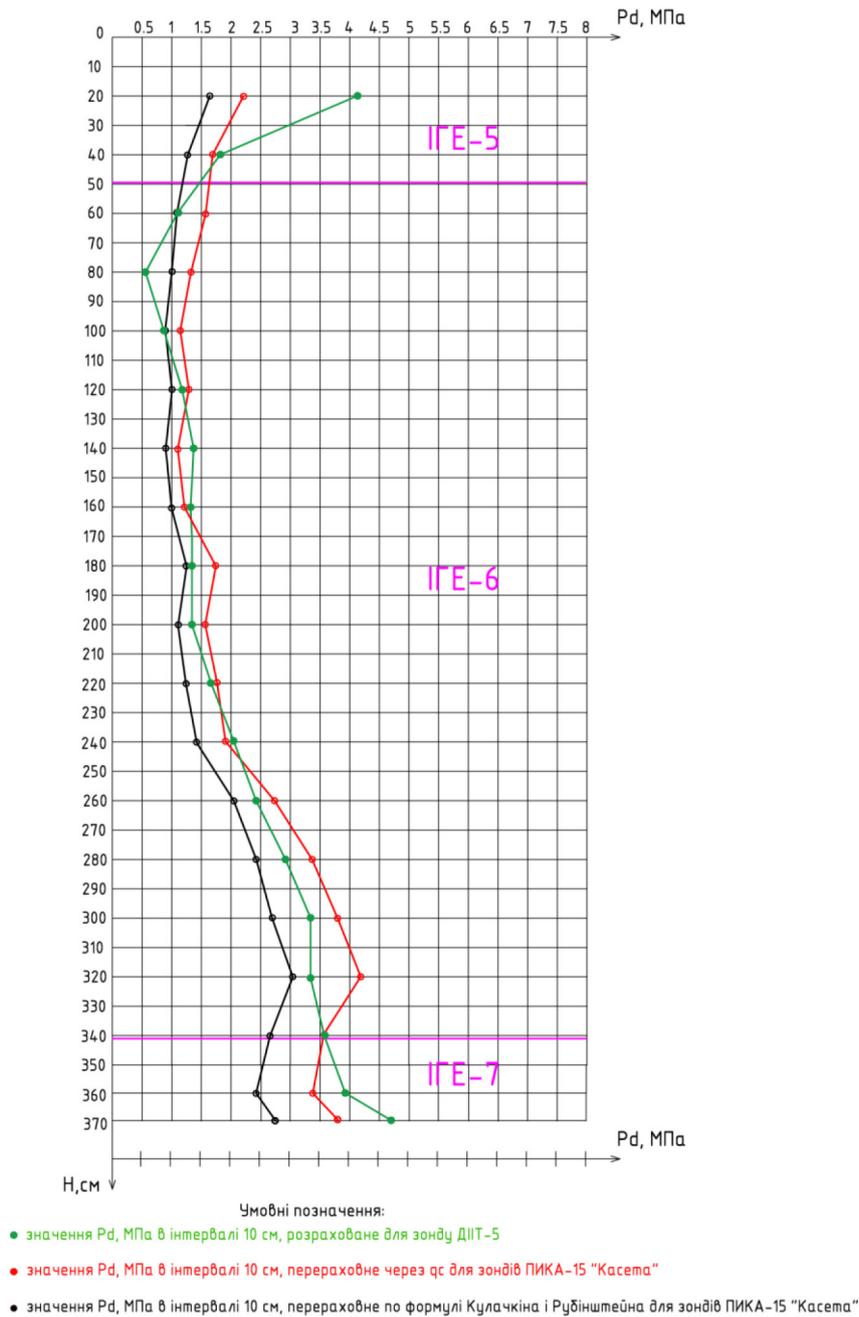


Рис. 11. Графіки залежності параметра  $P_d$  від  $H$  для різних розрахункових рівнянь

у специфічних умовах (зокрема зондування через фундаментні плити в підвалах будівель з метою вивчення складу та стану ґрунтів основ, у пазухах котлованів тощо). Виведені в результаті випробувань малогабаритними динамічними зондами замочених лесових ґрунтів у зоні впливу УГВ кореляційні залежності між показниками динамічного та статичного зондування виявилися досить сталими, хоча й були побудовані на обмеженій базі вихідних даних. Одним із завдань, поставлених у ході виконання польових робіт на майданчиках м. Дніпро, було, зокрема, вивчення можливої придатності залежностей, розроблених для лесових ґрунтів різних регіонів до місцевих ґрунтових умов, виходячи з подібності лесових ґрунтів як окремого типу зі схожим складом, будовою та власти-

востями. Проте аналіз результатів застосування виведених в інших країнах рівнянь для лесових ґрунтів м. Дніпро показав, що це складно реалізувати на практиці – «універсальних» залежностей для лесових ґрунтів не існує або вони непридатні для практичного застосування. Отже, виникає потреба у створенні власних регіональних кореляційних залежностей. Виявлені відмінності характеристик, отриманих під час динамічного зондування різних ярусів лесових ґрунтів м. Дніпро, дозволяють стверджувати про наявність, окрім інших розбіжностей, і властивих лише їм характерних особливостей, зокрема й графічного типу. Це, у свою чергу, актуалізує питання створення своєрідного регіонального геотехнічного банку даних, що включатиме й цей параметр.

### Література

1. Czado B., S. Pietras J. Comparison of the cone penetration resistance obtained in static and dynamic field tests. *AGH Journal of Mining and Geoengineering*, Vol. 36. No. 1, 2012
2. Bagińska I. Comparative Analysis of Cone Resistances in Cone Penetration Test (CPTu) and Dynamic Probe Heavy Test (DPH) / *Geotech Geol Eng* (2020) 38. 5269–5278. <https://doi.org/10.1007/s10706-020-01362-x>
3. Spagnoli G. An Empirical Correlation Between Different Dynamic Penetrometers / MARUM Marine Geotechnics, *EJEG*, Vol. 13, Bund. C, January 2007 (PDF) An Empirical Correlation Between Different Dynamic Penetrometers ([researchgate.net](https://www.researchgate.net))
4. Krösbacher C., Henzinger C., Vogt S. Factors influencing correlations between CPT and DPH. *Geotechnik* 45(2), September 2022. <https://doi.org/10.1002/gete.202200009>
5. Об'єкт 8333. «Звіт про додаткові інженерно-геологічні вишукування на майданчику будівництва по вул. Шмідта, 13–15 у м. Дніпропетровськ». ДП «ДніпроДНТР», 2014.
6. Об'єкт 7758. «Науково-технічний звіт про інженерно-геологічні вишукування на майданчику проектного будівництва каскаду 17-поверхових будинків з дворівневим паркінгом на розі вулиць Шмідта та Комсомольської у м. Дніпропетровськ». ДП «ДніпроДНТР», липень 2006.
7. Рубінштейн А. В., Секачов Ю. С. Порівняння статичного та динамічного зондування пісків у зв'язку з визначенням їх модуля деформації за даними зондування. *Інженерні вишукування в будівництві*. Серія II, Вип. 6(24), ЦІНІС, Властивості дисперсних осадових порід та формуючі їх геологічні процеси. 1973. С. 3–8.

### References

1. Czado, B., S. Pietras, J. (2012). Comparison of the cone penetration resistance obtained in static and dynamic field tests. *AGH Journal of Mining and Geoengineering*, Vol. 36, No. 1.
2. Bagińska, I. (2020). Comparative Analysis of Cone Resistances in Cone Penetration Test (CPTu) and Dynamic Probe Heavy Test (DPH). *Geotech Geol Eng*, 38. 5269–5278. <https://doi.org/10.1007/s10706-020-01362-x>
3. Spagnoli, G. (2007). An Empirical Correlation Between Different Dynamic Penetrometers. MARUM Marine Geotechnics, *EJEG*, Vol. 13, Bund. C. (PDF) An Empirical Correlation Between Different Dynamic Penetrometers ([researchgate.net](https://www.researchgate.net))
4. Krösbacher, C., Henzinger, C., & Vogt, S. (2022). Factors influencing correlations between CPT and DPH. *Geotechnik*, 45(2), <https://doi.org/10.1002/gete.202200009>
5. Obiekt 8333 (2014). Zvit pro dodatkovy inzhenerno-geologichni vyshukuvannia na maidanchyku budivnytstva po vul. Shmidta z, 13–15 u m. Dnipropetrovsk. [Report on Additional Engineering and Geological Surveys at the Construction Site on Shmidt Street, 13–15, Dnipropetrovsk]. 13–15, DP “DniproDNTR”.
6. Obiekt 7758 (2006). Naukovo-tekhnichnyi zvit pro inzhenerno-geologichni vyshukuvannia na maidanchyku proektovanoho budivnytstva kaskadu 17-poverkhovykh budynkiv z dvorivnevym parkinhom na rozi vulyts Shmidta ta Komsomolskoi u m. Dnipropetrovsk. [Scientific and Technical Report on Engineering and Geological Surveys at the Site of the Planned Construction of a Complex of 17-Storey Buildings with a Two-Level Parking Facility at the Corner of Shmidt and Komsomolskaya Streets in Dnipropetrovsk]. DP “DniproDNTR”.
7. Rubinstein, A. V., & Sekachov, Yu.S. (1973). Porivniannia statychnoho ta dynamichnoho zonduvannia piskiv u zviazku z vyznachenniam yikh modulua deformatsii za danyomy zonduvannia. [Comparison of Static and Dynamic Penetration Testing of Sands in Relation to the Determination of Their Deformation Modulus Based on Penetration Test Data]. *Inzhenerni vyshukuvannia v budivnytstvi*. Series II, Issue 6(24), TSINIS, Properties of Dispersed Sedimentary Rocks and the Geological Processes Forming Them, 3–8.

## CORRELATION ANALYSIS OF DYNAMIC AND STATIC PROBING DATA FOR WATER-SATURATED LOESS SOILS IN DNIPRO

**Abstract.** *Despite the long history of using the dynamic probing method for engineering and geological investigations, the issue of correctly interpreting the results obtained using small-sized manual dynamic probes remains unresolved. Most existing studies focus on attempts to establish direct correlation dependencies between the parameters of dynamic and static probing without taking into account the structural features of the probes and their metrological interchangeability. Such an approach significantly limits the ability to compare the results of different methods, especially under conditions involving non-standard or experimental models of small-sized probes.*

*The issue of developing a unified approach to constructing a system of correlation relationships remains relevant. This approach should account for transitional stages between non-standard manual devices and standard static probing equipment. This task becomes particularly challenging when studying loess soils, which are characterized by high variability in their physical and mechanical properties and sensitivity to moisture content.*

*This article is devoted to a field method for assessing the properties of water-saturated loess soils using small-sized devices with the dynamic probing method, and correlating the results with those obtained by the static probing method. It was found that the correlation relationships between the parameters of dynamic and static probing, derived from tests using small-sized dynamic probes on saturated loess soils below the groundwater level, are sufficiently stable, although based on a limited dataset.*

*As a result of the conducted studies of loess soils, it has been established that small-sized probes can be used during engineering surveys on loess soils, including water-saturated ones, especially when solving non-standard tasks in specific conditions (in particular, probing through foundation slabs in building basements to study the composition and condition of foundation soils, in trench backfills, etc.).*

*The identified differences in the characteristics obtained during dynamic probing of various loess soil layers in the city of Dnipro make it possible to assert the presence of distinctive features specific only to them, including those of a graphical nature.*

**Key words:** *sounding, soil investigation, methods of foundation and base investigation, instrumental methods, soil, geological conditions.*

**Rudin A. A.**

Postgraduate Student at the Department of construction technology  
Educational and Research Institute, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering  
and Architecture Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro

**Nesevrya P. I.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Construction  
Technology  
Educational and Research Institute, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering  
and Architecture Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro



*Дата надходження статті: 23.06.2025*

*Прийнято: 09.09.2025*

*Опубліковано: 30.12.2025*

УДК 711.11:728.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2025.47.2025.9>**Селешок І. В.**

аспірант кафедри теорії, історії архітектури та синтезу мистецтв

Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, м. Київ

ORCID: 0009-0001-8994-4192

**ФОРМУВАННЯ СОЦІАЛЬНОГО ЖИТЛА НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

***Анотація.** У статті розглянуто особливості формування соціального житла на засадах сталого розвитку в умовах післявоєнної відбудови України. Визначено сучасні виклики житлової політики, зумовлені руйнуванням значної частини житлового фонду, зростанням кількості внутрішньо переміщених осіб та соціально вразливих груп населення. Актуалізовано необхідність переходу від тимчасових рішень до системного підходу у створенні житла, який поєднує принципи екологічної ефективності, економічної доцільності та соціальної інклюзивності. Обґрунтовано, що сталий розвиток соціального житла має забезпечувати не лише мінімальні побутові умови, а й якість середовища проживання, сприяти формуванню локальних спільнот і підвищенню соціальної згуртованості.*

*На основі узагальнення європейського досвіду (Фінляндія, Данія, Нідерланди, Німеччина) виокремлено ключові принципи формування сталого соціального житла: енергоефективність будівель і використання відновлюваних джерел енергії; гнучкість і модульність архітектурно-планувальних рішень; інтеграція громадських і рекреаційних просторів у структуру житлових комплексів; залучення мешканців і громад до процесу планування (партисипативний підхід); орієнтація на змішані типології, що поєднують різні соціальні групи. Показано, що ці принципи здатні сформувати нову якість житлового середовища – комфортного, доступного та довговічного.*

*Запропоновано концептуальні напрями реалізації сталих принципів у вітчизняній практиці: створення типологічно різноманітних житлових комплексів з урахуванням місцевих ресурсів, застосування збірно-модульних систем у відбудові, упровадження енергоощадних технологій і нормативів європейського рівня. Стаття підкреслює, що соціальне житло має стати основою для нової архітектурно-планувальної моделі сталого розвитку міст України, орієнтованої на людину та спільноту.*

***Ключові слова:** соціальне житло, сталий розвиток, архітектурно-планувальна організація, відбудова, енергоефективність, інклюзивність, партисипативне планування, модульне будівництво, громадські простори, кооперативне житло.*

**Постановка проблеми.** Проблема забезпечення населення житлом є однією з найгостріших у соціально-економічній структурі сучасної України. В умовах воєнних дій 2022–2025 років масштаби руйнувань житлового фонду та інфраструктури набули безпрецедентного рівня. За даними міжнародних оцінок, частково або повністю зруйновано сотні тисяч житлових будівель, що призвело до втрати домівок мільйонами громадян. Це створює безпрецедентний виклик для системи державного управління, архітекторів і містобудівників, адже потреба у швидкому, доступному й якісному житлі стає основою соціальної стабільності й гуманітарної безпеки країни.

У контексті сучасних глобальних трансформацій міжнародна спільнота послідовно орієнтується на принципи сталого розвитку, закріплені в Цілях сталого розвитку ООН, що ґрунтуються на засаді «Ніхто не має бути залишений осторонь» [1]. У країнах Європи соціальне житло є важливим інструментом забезпечення гідного рівня життя та соціальної інтеграції, що закріплено, зокрема, у Новій Лейпцизькій хартії [2]. Україна, яка сьогодні переживає нову хвилю руйнівних наслідків війни, змушена враховувати цей досвід, аби не тільки відновити зруйнований житловий фонд, але й зробити його більш стійким, інноваційним і орієнтованим на довгострокову перспективу.

Водночас Україна успадкувала від попередніх десятиліть застарілу житлову політику, у якій соціальне житло фактично не функціонувало як окрема система. Його частка у загальному житловому фонді є мізерною – менше одного відсотка, тоді як у більшості країн Європи цей показник сягає 10–30 %. Відсутність стійкого механізму фінансування, неузгодженість між-державних і місцевих програм, а також дефіцит інноваційних типологій призвели до того, що навіть у мирний час значна частина населення не мала доступу до гідних житлових умов. Після початку війни ці структурні проблеми виявилися з особливою гостротою.

За інформацією аналітичного центру Cedos, у довоєнний період у країні налічувалося лише 1 098 квартир соціального житла, що є вкрай незначним показником у масштабах держави [3].

Традиційні моделі відбудови, орієнтовані на швидке відтворення житлового фонду без урахування принципів сталого розвитку, можуть лише частково вирішити питання розселення, але не здатні створити якісне міське середовище. Масове житло, побудоване за старими схемами, не відповідає сучасним критеріям енергоефективності, інклюзивності та екологічної безпеки. Такий підхід відтворює короткострокові рішення і не враховує соціальну інтеграцію, мобільність та економічну життєздатність нових поселень.

Сьогодні постає необхідність розглядати соціальне житло не лише як тимчасовий інструмент подолання житлової кризи, а як системну основу для реалізації стратегій сталого розвитку міст і громад. У цьому контексті архітектура соціального житла має поєднувати функціональну доцільність, технологічну ефективність і соціально-просторову гармонію.

Післявоєнна відбудова вимагає принципово нових підходів до житлового проектування – не кількісних, а якісних. Архітектурна практика має відмовитися від концепції «тимчасових рішень» і перейти до створення сталої інфраструктури, здатної підтримувати розвиток громади протягом десятиліть. Саме тому соціальне житло розглядається не як допоміжний, а як стратегічний інструмент урбаністичної політики, що формує основу для соціальної стабільності, економічного зростання та екологічної відповідальності.

Відновлення зруйнованих територій на засадах сталого розвитку передбачає баланс

між трьома взаємопов'язаними складовими: соціальною, економічною та екологічною. Соціальний аспект полягає у створенні рівних умов доступу до житла для всіх верств населення, у тому числі внутрішньо переміщених осіб, ветеранів, багатодітних сімей, людей з інвалідністю. Економічний компонент визначається доцільністю використання ресурсів, застосуванням місцевих матеріалів та енергоощадних технологій, що знижують експлуатаційні витрати. Екологічний аспект охоплює зменшення вуглецевого сліду, використання відновлюваних джерел енергії, озеленення територій та інтеграцію житлових комплексів у природне середовище.

Важливим завданням є також формування сталої архітектурно-планувальної структури соціального житла, яка передбачає поєднання житлових, громадських і рекреаційних функцій. Такий підхід сприяє розвитку локальних спільнот, активізації партисипативних процесів і створенню відчуття належності до місця проживання. У цьому сенсі соціальне житло виступає не лише простором проживання, а й осередком взаємодії, освіти, культурного обміну та самореалізації.

Особливу увагу слід приділити впровадженню сучасних інженерних і типологічних рішень, таких як модульне та збірно-каркасне будівництво, що забезпечує швидкість монтажу, енергоефективність і гнучкість у трансформації простору. Враховуючи обмежені фінансові ресурси держави, саме ці технології дозволяють досягти оптимального співвідношення між вартістю та якістю житла.

Таким чином, постановка проблеми полягає у необхідності переосмислення самого поняття «соціальне житло» як ключового елемента стратегії сталого розвитку. Його формування має спиратися на інтеграцію принципів екологічності, соціальної справедливості та архітектурної ефективності, що в сукупності створює передумови для відновлення не лише житлового фонду, а й соціальної структури українських міст.

**Аналіз останніх досліджень.** Дослідженням соціального житла займаються вчені з різних галузей, але питання залишається надалі актуальним. Вивченням архітектурно-типологічної структури сучасного міського житла займалися такі українські вчені: Гнесь І. [4, 5], Яблонська Г. [6, 7], Заславець Т. [8], Гнат Г. [9].

В роботах Амірбекової А. [10] та Олійник О. [10, 11, 12] розглядалися проблеми, пов'язані

з реновацією і подальшим використанням доступного житла. Досліджено вітчизняний та зарубіжний досвід реконструкції і модернізації. Встановлено, що будинки перших масових серій, які і донині складають від 30 до 50 % наявного житлового фонду, є морально зношеними, повністю не відповідають діючим на сьогодні містобудівельним і санітарно-гігієнічним нормам, а характерне для них об'ємно-планувальне вирішення вимагає проведення реконструкції і модернізації з повним переплануванням внутрішніх приміщень.

Загалом зазначену тему в своїх роботах також досліджували: Цимбалова Т. [13], Буравченко С. [14, 15], Книш І. [16].

За кордоном дослідження архітектурно-планувальної структури соціального житла є дуже широкими і стосуються як проблем реконструкції існуючого житла [17], так і нового будівництва. Окреме місце займає дослідження повторного використання матеріалів та питання енергоефективності та енергозбереження [18, 19, 20].

Попри наявність значного теоретичного та практичного доробку, в українському науковому дискурсі бракує досліджень, які поєднують архітектурно-планувальні принципи соціального житла з концепцією сталого розвитку. Переважна більшість робіт аналізує ці явища окремо – або як соціально-економічне питання, або як технічну проблему енергоефективності. Саме тому постає потреба в інтеграційному підході, який дозволить розглядати соціальне житло як просторовий, екологічний і соціальний феномен, що формує нову якість міського середовища України.

**Результати досліджень.** Формування соціального житла на засадах сталого розвитку є одним з ключових завдань сучасної архітектурної теорії та практики, що визначає подальший вектор відбудови українських міст. Після масштабних руйнувань житлового фонду актуальним стає не лише забезпечення кількісної потреби у житлі, а створення нового типу житлового середовища – екологічно збалансованого, економічно доцільного та соціально інклюзивного.

Сталий розвиток у контексті житлового будівництва розглядається як система принципів, що забезпечують довготривалу якість середовища проживання. Його сутність полягає у поєднанні трьох взаємопов'язаних вимірів: соціального, економічного та екологічного. Для архітектора це означає необхідність

інтеграції цих аспектів на всіх етапах проектування – від вибору ділянки до експлуатації будинку.

Соціальний вимір передбачає створення житла, яке сприяє інтеграції різних груп населення, формуванню громадської активності та рівних можливостей. Економічна складова орієнтована на зниження витрат протягом життєвого циклу будівлі завдяки використанню місцевих матеріалів, енергоефективних технологій та модульних систем будівництва. Екологічний аспект зосереджується на мінімізації впливу забудови на довкілля – через раціональне використання ресурсів, утилізацію дощових вод, впровадження зелених дахів та енергоощадних систем.

Досвід європейських країн доводить, що сталий підхід до соціального житла дозволяє одночасно вирішувати кілька стратегічних завдань: підвищення якості життя, розвиток місцевих спільнот і зменшення навантаження на екосистему міста. Зокрема, у Данії та Нідерландах соціальні житлові комплекси формуються як частина загальноміської екологічної інфраструктури, інтегруючи зелені зони, веломаршрути, громадські простори й освітні об'єкти.

Для України, де соціальне житло лише починає формуватися як окремий сегмент, важливо спиратися на міжнародний досвід, але з урахуванням локальних умов – клімату, соціальної структури, рівня урбанізації та культурних особливостей. Підхід «копіювання моделей» тут не працює; необхідно створювати **національну систему сталого соціального житла**, що поєднує архітектурну раціональність і соціальну чутливість.

Архітектурно-планувальна організація соціального житла на засадах сталого розвитку ґрунтується на створенні **комплексного житлового середовища**, яке поєднує житлові, громадські, рекреаційні та сервісні функції. Основним завданням архітектора є формування таких просторових структур, що сприяють не лише фізичному комфортові, а й соціальній взаємодії, відчуттю безпеки, приналежності до громади.

Дослідження свідчать, що одним із визначальних напрямів є **гнучкість і адаптивність** житлових структур. Використання модульних і збірно-каркасних систем дозволяє створювати житло, яке може змінювати конфігурацію залежно від потреб мешканців або соціально-демографічних умов. Наприклад,

планування квартир з можливістю трансформації – об'єднання або розділення приміщень – забезпечує довговічність функціонального використання без капітальних перебудов.

Іншим принципом є **інтеграція громадських просторів у структуру житла**. На відміну від традиційних радянських мікрорайонів із розділенням житлових і громадських функцій, сучасне стале соціальне житло передбачає взаємопроникнення – створення відкритих дворів, колективних терас, внутрішніх зелених коридорів, коворкінгів і дитячих просторів усередині житлових будівель. Це сприяє спільності, знижує рівень соціальної ізоляції, стимулює культуру взаємодопомоги.

Особливу роль відіграє **змішана функціональна структура**. Перші поверхи житлових комплексів доцільно використовувати для соціально корисних функцій – громадських центрів, кав'ярень, майстерень, пунктів прокату, що забезпечують сталість життєвого циклу району. Така модель, поширена у Нідерландах і Німеччині, демонструє, що малі економічні активності на локальному рівні підтримують не лише зайнятість, а й соціальну інтеграцію.

Не менш важливим є **екологічне планування території**, де кожен елемент – від розміщення будівель до благоустрою – розглядається як частина екосистеми. Доцільним є використання принципів «зеленого будівництва»: орієнтація фасадів на сторони світу для максимального природного освітлення, білябудинкове озеленення, дощові сади, зелені покрівлі, сонячні панелі, системи збору води та сортування відходів.

Таким чином, сталий підхід формує архітектуру, що поєднує естетику, ефективність і соціальну цінність. Кожне архітектурне рішення – від масштабного плану кварталу до деталі фасаду – має бути спрямоване на тривалий життєвий цикл об'єкта та комфорт людини як центрального користувача простору.

Важливою складовою дослідження стало узагальнення **типологічних моделей сталого соціального житла**, які можуть бути адаптовані до українського контексту. Аналіз вітчизняних і закордонних джерел засвідчив, що найбільш перспективними є три типи: **модульне житло, кластерне житло та кооперативне (спільновласницьке) житло**. Кожен із них має власні архітектурно-планувальні особливості, соціальну спрямованість і потенціал масштабування.

## 1. Модульне соціальне житло

Цей тип базується на принципі індустріального будівництва, що дозволяє швидко зводити житлові одиниці за допомогою збірних конструкцій. Модульні системи є мобільними, економічно ефективними та екологічно ощадними. У Фінляндії вони використовуються для розселення бездомних і внутрішніх мігрантів, а згодом адаптуються для постійного проживання. Для України модульне житло має особливе значення у післявоєнний період, коли необхідно оперативно забезпечити дах над головою сотням тисяч людей, але водночас створити архітектурну основу для подальшого розвитку населених пунктів. Основною перевагою є можливість розширення та перетворення таких будівель у сталі житлові комплекси з мінімальними витратами.

## 2. Кластерне житло

Ця типологія виникла у Швейцарії, Німеччині та Скандинавії як альтернатива традиційним багатоквартирним будинкам. Її суть полягає у поєднанні приватних житлових осередків і спільних просторів для мешканців – кухонь, майстерень, терас, внутрішніх дворів. Такі комплекси формують активну соціальну мікроспільноту, де мешканці співпрацюють у сфері побуту, обслуговування та прийняття рішень щодо простору. Прикладом є проєкт *Mehr als Wohnen* у Цюриху, де архітектурна структура сприяє взаємодії та соціальній стійкості. Для українських міст кластерна модель може стати інструментом інтеграції переміщених осіб у міські громади, формуючи нову культуру спільного проживання.

## 3. Кооперативне житло

Цей тип ґрунтується на принципах спільного володіння або оренди будинку кількома родинами чи об'єднаннями громадян. Кооперативи широко застосовуються у Данії та Нідерландах, де мешканці беруть участь у плануванні, будівництві та подальшому управлінні житлом. Архітектурно це проявляється у створенні блоків із гнучкою структурою, загальними просторами та колективним використанням ресурсів. Для України кооперативне житло може стати платформою партнерства між державою, муніципалітетами та громадянами, забезпечуючи довготривале утримання житлового фонду без втрати якості середовища.

Зіставлення цих моделей дозволило визначити спільні характеристики сталого соціального житла:

- **мультифункціональність** (поєднання житлових, громадських і рекреаційних функцій);

- **адаптивність** до соціальних та кліматичних умов;

- **енергоефективність** і екологічність матеріалів;

- **участь громади** у процесах планування, управління та експлуатації;

- **гнучка економічна модель** – поєднання бюджетного фінансування, муніципальних програм і приватних інвестицій.

Отже, сталий розвиток соціального житла передбачає не лише технологічну модернізацію, а й нову культурну модель проживання – співжиття, співвідповідальність і спільне користування простором. Таке бачення дозволяє перейти від житла як «продукту» до житла як **соціального процесу**, що безпосередньо впливає на якість міського життя.

Адаптація принципів сталого соціального житла до українських реалій потребує врахування комплексу містобудівних, економічних і соціальних чинників, а також специфіки повоєнної відбудови. Розроблені моделі мають не лише забезпечувати базові потреби в житлі, а й сприяти створенню **нової структури міських і сільських поселень**, орієнтованих на сталість, автономність і комфорт проживання.

Передусім необхідно переглянути підходи до **розміщення соціального житла** в структурі населених пунктів. Досвід попередніх десятиліть довів неефективність периферійного принципу, коли соціальне житло концентрувалося на околицях міст, відокремлених від інфраструктури та робочих місць. Сучасна практика передбачає інтеграцію таких об'єктів у сформовану міську тканину з розвиненими транспортними зв'язками, доступом до шкіл, медичних і культурних закладів. Це відповідає принципам «15-хвилинного міста», де житло, робота і сервіс зосереджені у межах пішої доступності.

Другим напрямом є формування **енергоефективних житлових середовищ**. Українська відбудова повинна спиратися на стандарти «пасивного будинку» з високими показниками теплоізоляції, природного освітлення, вентиляції та використання відновлюваних джерел енергії. Впровадження таких рішень зменшує витрати домогосподарств, підвищує екологічну стабільність і створює комфортні

мікрокліматичні умови. Важливо, щоб енергоефективність стала не привілеєм, а нормою для всіх категорій соціального житла.

Третій аспект – **економічна життєздатність**. Сталі житлові програми мають реалізовуватися через поєднання державних, муніципальних і приватних інвестицій, залучення міжнародних грантів та інструментів «зеленого фінансування». Важливо розробити прозорий механізм оренди з контролем вартості та можливістю довгострокового користування, що створює впевненість мешканців у стабільності житлових умов.

Четвертий напрям – **партисипативне проектування**. Успіх багатьох європейських проєктів підтверджує, що залучення майбутніх мешканців на ранніх етапах проектування суттєво підвищує якість архітектурних рішень і рівень задоволення від середовища. Для українських громад доцільним є використання воркшопів, громадських обговорень, онлайн-платформ для збору пропозицій і формування спільних рішень щодо благоустрою територій.

Не менш важливою складовою є **гуманізація середовища**. Соціальне житло має забезпечувати психологічний комфорт, почуття гідності й естетичну привабливість. Архітектура таких будівель не повинна асоціюватися з «тимчасовим притулком», а має бути символом сучасності, відродження та надії. Використання природних матеріалів, кольорових акцентів, елементів озеленення й інклюзивного дизайну створює середовище, яке сприяє реінтеграції людини в суспільство.

Підсумовуючи результати дослідження, можна стверджувати, що формування соціального житла на засадах сталого розвитку є не лише технічним чи економічним завданням, а насамперед **архітектурно-культурним і соціальним процесом**. Його мета полягає у створенні простору, який не просто задовольняє побутові потреби, а стає середовищем взаємодії, безпеки й відчуття спільності.

Для України, що переживає період масштабної відбудови, соціальне житло має стати **інструментом формування нової моделі міського життя** – з орієнтацією на сталість, участь громади та повагу до людини. Йдеться про переосмислення самої природи житла: від об'єкта споживання – до простору співіснування, співвідповідальності та розвитку.

Ключовим завданням архітектури є інтеграція трьох вимірів сталості у проектне мислення:

- **екологічного** – мінімізація впливу на довкілля, використання природних ресурсів і місцевих матеріалів, формування мікроклімату через зелену інфраструктуру;

- **соціального** – забезпечення рівного доступу, участі мешканців у прийнятті рішень, інклюзивності та соціальної інтеграції;

- **просторово-естетичного** – створення гармонійного, впізнаваного середовища, яке формує локальну ідентичність і почуття дому.

Важливим висновком є те, що соціальне житло може і повинно стати **каталізатором відновлення українських міст**. Його роль виходить за межі житлової функції – воно формує нову культуру міського простору, стимулює розвиток громад, створює передумови для соціальної стабільності.

Таким чином, сталий розвиток соціального житла – це не кінцева мета, а **інструмент оновлення міського середовища**, що поєднує архітектуру, екологію та суспільство. Його реалізація забезпечить перехід України від відбудови як реакції – до відбудови як **стратегії розвитку**, заснованої на гідності людини, якості простору і спільній відповідальності за майбутнє.

#### Висновки

1. Проведене дослідження засвідчує, що формування соціального житла на засадах сталого розвитку є ключовим напрямом сучасної архітектурної політики України в умовах післявоєнної відбудови. Воно виходить за межі традиційного житлового проектування, перетворюючись на комплексну соціально-просторову стратегію, що охоплює екологічний, економічний і гуманітарний аспекти.

2. Соціальне житло в умовах сталого розвитку має розглядатися як **інтегрована система**, у якій архітектурно-планувальні рішення поєднуються з екологічними технологіями, ефективним використанням ресурсів і активною участю громади. Такий підхід забезпечує довговічність житлового середовища, його адаптивність до змін і можливість поетапного розширення.

3. У структурі сталого соціального житла визначено базові принципи:

- **функціональна гнучкість** і можливість трансформації житлових осередків;

- **інтеграція громадських просторів** як складової комунікаційного середовища;

- **енергоефективність та екологічність** матеріалів і технологій;

- **соціальна інклюзивність** і безбар'єрність;

- **партисипативність** – залучення мешканців до управління простором.

4. Перспективними для українського контексту є типології **модульного, кластерного та кооперативного житла**, що відповідають принципам сталості, дають можливість швидкого монтажу, поєднання приватних і спільних просторів, розвитку колективного управління. Ці моделі створюють передумови для нової культури співіснування, що базується на взаємній підтримці та соціальній відповідальності.

5. Для ефективного впровадження сталих принципів необхідна **національна стратегія соціального житла**, яка б поєднувала архітектурні, нормативно-правові, економічні та соціальні механізми. Її реалізація має спиратися на міжнародний досвід, але орієнтуватися на українські реалії – клімат, демографію, рівень урбанізації, культурні коди.

6. Архітектор у цій системі виступає не лише проектувальником, а **медіатором соціальних процесів**, здатним поєднати інтереси громади, держави та середовища. Його роль полягає у формуванні простору, який одночасно є функціональним, естетичним і соціально значущим.

7. Отже, соціальне житло на засадах сталого розвитку – це не короткочасна реакція на руйнування, а довгострокова концепція оновлення міського середовища. Воно має стати основою для формування нової архітектурної культури, орієнтованої на людину, спільноту та баланс із природою.

#### Література

1. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. *United Nations*. URL: <https://sdgs.un.org/2030agenda> (дата звернення: 24.10.2025).
2. Текст Лейпцизької хартії сталого європейського міста. *Урбаністична онлайн бібліотека*. URL: <https://city2030.org.ua/ua/tag/leipzigka-hartia-stalogo-evropeiskogo-mista> (дата звернення: 24.10.2025).
3. Соціальне, тимчасове і кризове житло: з чим Україна зустріла повномасштабну війну / А. Боброва та ін. *CEDOS*. URL: <https://cedos.org.ua/researches/soczialne-tymchasove-i-kryzove-zhytlo/> (дата звернення: 24.10.2025).
4. Гнесь І. П. Формування архітектурно-типологічної структури сучасного міського житла в Україні: дис. ... д-ра архітектури: 191. Львів, 2014. 472 с.
5. Гнесь І. Великопанельне житло: реальність і перспективи. *Вісник Національного університету Львівська*. 2007. № 50. С. 26–29.

6. Яблонська Г. Д. Життєздатність і різноманітність житла. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2009. № 22. С. 456–463.
7. Яблонська Г. Д. Простір ознак багатоквартирного житла. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2016. Т. 45. С. 403–413.
8. Заславець Т. М. Типологічні засади архітектурно-планувальної структури соціального та комерційного житла: дис. ... канд. архітектури: 191. Київ, 2006. 164 с.
9. Гнат Г. О. Формування планувальної структури квартир соціального і доступного житла: дис. ... д-ра архітектури: 191. Львів, 203. 242 с.
10. Amirbekova A., Abdykarimova S., Oliynyk O. Renovation of Residential Buildings of the First Mass Series from A Sustainable Development Point of View. *Engineering and Architecture* 11(4): 1814-1823, 2023. <http://www.hrpub.org.2023.110412> DOI: 10.13189/cea.2023.110412
11. Oliynyk, O. Problems of construction and renovation of affordable housing in Ukraine after the Liberation war-2022. Online conference Holistic renovation of modernism housing, UIA, BAUA, Vilnius, 11.04 2022. Link to the presentation: <https://www.youtube.com/watch?v=A8q58NWcV-A&t=2903s>
12. Олійник О., Селешок І. Принципи формування функціонально-просторової програми соціального житла на засадах сталого розвитку. Містобудування та територіальне планування. 2024. № 85. С. 445–453.
13. Цимбалова Т. А. Мобільне житло як функціонально-типологічний різновид сучасного житлового будівництва : дис-ертації на здобуття наукового ступеня кандидата архітектури. Харків, 2019. 200 с.
14. Буравченко С. Г. Сучасні підходи до реновації промислових районів зі створенням міських громадських просторів. *Теорія та практика дизайну*. 2020. № 20. С. 7–15.
15. Буравченко С. Г., Спасіченко К. В. Формування доступного житла з урахуванням змін вимог до квартир протягом експлуатації. Теорія і практика дизайну. Дизайн архітектурного середовища. 2019. № 18. С. 29–36.
16. Книш І. Архітектурне проектування житла. Київ : КНУБА, 2012. 175 с.
17. Nese Dikmen. Housing after disaster: a post occupancy evaluation of a reconstruction project. *International journal of disaster risk reduction*. 2016. No. 19. P. 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.08.020> (дата звернення: 24.10.2025).
18. Moslemi K. Smart use and reuse of materials in construction. *neuroject*. URL: <https://neuroject.com/construction-materials/> (дата звернення: 24.10.2025).
19. Building efficiently materials that optimize construction resources. *utilitiesone*. URL: <https://utilitiesone.com/building-efficiently-materials-that-optimize-construction-resources> (дата звернення: 24.10.2025).
20. Фонд Енергоефективності. URL: <https://eefund.org.ua/> (дата звернення 24.10.2025)

### References

1. United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Retrieved October 24, 2025, from <https://sdgs.un.org/2030agenda>
2. *Leipzyska khartiia staloho ievropeiskoho mista* [Text of the Leipzig Charter on Sustainable European Cities]. (2020). Urbanistychna onlain biblioteka. Retrieved October 24, 2025, from <https://city2030.org.ua/ua/tag/leipcizka-hartia-stalogo-evropeiskogo-mista>
3. Bobrova, A., et al. (2023). *Socialne, tymchasove i kryzove zhytlo: z chym Ukraina zustrila povnomasshtabnu viinu* [Social, temporary and crisis housing: How Ukraine faced the full-scale war]. CEDOS. Retrieved October 24, 2025, from <https://cedos.org.ua/researches/soczialne-tymchasove-i-kryzove-zhytlo/>
4. Hnes, I. P. (2014). *Formuvannia arkhitekturno-typolohichnoi struktury suchasnoho miskoho zhytla v Ukraini* [Formation of the architectural-typological structure of modern urban housing in Ukraine] (Doctoral dissertation). Lviv.
5. Hnes, I. (2007). Velykopanelne zhytlo: realnist i perspektyvy [Large-panel housing: Reality and prospects]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"*, 50, 26–29.
6. Yablonska, H. D. (2009). Zhyttiezdatnist i riznomanitnist zhytla [Viability and diversity of housing]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, 22, 456–463.
7. Yablonska, H. D. (2016). Prostir oznak bahatokvartyronoho zhytla [The space of features of multi-apartment housing]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, 45, 403–413.
8. Zaslavets, T. M. (2006). *Typolohichni zasady arkhitekturno-planuvanoi struktury sotsialnoho ta komertsiiinoho zhytla* [Typological principles of architectural-planning structure of social and commercial housing] (Candidate of Architecture dissertation). Kyiv.
9. Hnat, H. O. (2013). *Formuvannia planuvanoi struktury kvartyr sotsialnoho i dostupnoho zhytla* [Formation of the planning structure of apartments for social and affordable housing] (Doctoral dissertation). Lviv.
10. Amirbekova, A., Abdykarimova, S., & Oliynyk, O. (2023). Renovation of residential buildings of the first mass series from a sustainable development point of view. *Civil Engineering and Architecture*, 11(4), 1814–1823. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110412>
11. Oliynyk, O. (2022, April 11). *Problems of construction and renovation of affordable housing in Ukraine after the Liberation War–2022*. Online conference *Holistic Renovation of Modernism Housing* (UIA, BAUA), Vilnius. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=A8q58NWcV-A&t=2903s>
12. Oliynyk, O., & Seleshok, I. (2024). Pryntsypy formuvannia funktsionalno-prostorovoi prohramy sotsialnoho zhytla na zasadakh staloho rozvytku [Principles of forming a functional-spatial program of social housing based on sustainable development]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 85, 445–453.

13. Tsybalova, T. A. (2019). *Mobilne zhytlo yak funktsionalno-typolohichniy riznovyd suchasnoho zhytlovoho budivnytstva* [Mobile housing as a functional-typological variety of modern residential construction] (Candidate of Architecture dissertation). Kharkiv.
14. Buravchenko, S. H. (2020). Suchasni pidkhody do renovatsii promyslovykh raioniv zi stvorenniam miskykh hromadskykh prostoriv [Modern approaches to the renovation of industrial areas with the creation of urban public spaces]. *Teoriia ta praktyka dyzainu*, 20, 7–15.
15. Buravchenko, S. H., & Spasichenko, K. V. (2019). Formuvannia dostupnoho zhytla z urakhuvanniam zmin vymoh do kvartyr protiahom ekspluatatsii [Formation of affordable housing considering changing apartment requirements during operation]. *Teoriia i praktyka dyzainu. Dyvain arkhitekturnoho seredovyshcha*, 18, 29–36.
16. Knysh, I. (2012). *Arkhitekturne proiektuvannia zhytla* [Architectural design of housing]. Kyiv : KNUBA.
17. Dikmen, N. (2016). Housing after disaster: A post-occupancy evaluation of a reconstruction project. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.08.020>
18. Moslemi, K. (2025). *Smart use and reuse of materials in construction*. Neuroject. Retrieved October 24, 2025, from <https://neuroject.com/construction-materials/>
19. *Building efficiently: Materials that optimize construction resources*. (2025). Utilities One. Retrieved October 24, 2025, from <https://utilitiesone.com/building-efficiently-materials-that-optimize-construction-resources>
20. *Fond enerhoeffektyvnosti* [Energy Efficiency Fund]. (2025). Retrieved October 24, 2025, from <https://eefund.org.ua/>

### FORMATION OF SOCIAL HOUSING BASED ON THE PRINCIPLES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**Abstract.** *The article explores the principles and features of forming social housing in Ukraine under the conditions of post-war reconstruction based on the principles of sustainable development. The research emphasizes the need to combine architectural, social, and environmental approaches to create a new type of housing environment that is energy-efficient, inclusive, and socially integrated. It highlights the importance of social housing not only as a tool for solving housing shortages but as a long-term component of sustainable urban development.*

*The study summarizes the experience of European countries such as Denmark, Finland, the Netherlands, and Germany, where sustainable housing models have evolved from temporary social programs into complex systems that integrate housing, public spaces, and social services. On this basis, key principles of sustainable social housing are defined: energy efficiency, adaptability and modularity of design, participatory planning, inclusion of community and recreational spaces, and mixed housing typologies that combine different social groups.*

*The research also outlines practical directions for Ukraine's post-war reconstruction, including the development of modular and cooperative housing, integration of public functions within residential structures, and the creation of environmentally balanced neighborhoods. Social housing, designed on the basis of sustainability, is viewed as a catalyst for the regeneration of Ukrainian cities and as a framework for building a humane, resilient, and future-oriented urban environment.*

**Key words:** *social housing, sustainable development, architectural and planning organization, reconstruction, energy efficiency, inclusiveness, participatory design, modular construction, public spaces, cooperative housing.*

**Seleshok I. V.**

Postgraduate Student at the Department of Theory, History of Architecture and Synthesis of Arts, National Academy of Fine Arts and Architecture, Kyiv



*Дата надходження статті: 28.10.2025*

*Прийнято: 18.11.2025*

*Опубліковано: 30.12.2025*

УДК 624.05; 624.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2025.47.2025.10>**Шапоренко Ю. І.**

к.т.н., старший науковий співробітник,

ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ

ORCID: 0009-0009-7356-6906

**Коваленко Є. І.**

Директор ТОВ «Проектний центр» «Позняки-жил-буд», м. Київ

**Покришка С. М.**

Головний конструктор ТОВ «Проектний центр» «Позняки-жил-буд», м. Київ

**ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ ГЛИБОКОГО КОТЛОВАНУ  
В УМОВАХ УЩІЛЬНЕНОЇ ЗАБУДОВИ**

**Анотація.** В статті викладено практичний досвід проектування та будівництва глибокого котловану в складних інженерно-геологічних умовах в зоні ущільненої існуючої забудови, отриманий при реалізації проекту житлового комплексу *Tarpan Towers* (Вежі Майбутнього), побудованого по вулиці Іоанна Павла II, 12 в Печерському районі міста Києва. Виконаний огляд та аналіз чинної нормативної бази України та науково-технічної літератури, присвячених даній тематиці. Наданий опис та проведений аналіз інженерно-геологічних умов будівельної ділянки в тому числі дана оцінка стійкості зсувного схилу. Описані основні конструктивні рішення огорожень котловану, а також технологічна послідовність розробки котловану на основних етапах будівництва нульового циклу житлового комплексу. Наведені дані натурних геодезичних спостережень за деформаціями конструкцій огорожень котловану в процесі будівництва та виконано їх співставлення з розрахунковими значеннями та гранично-допустимими параметрами. Надано опис використаних проектно-технічних рішень дренажної системи для регуляції ґрунтових вод і запобігання виникнення баражного ефекту на межі огорожі котловану. Наведені дані експериментальних натурних випробувань одиночних фільтраційних свердловин та зроблені висновки щодо ефективності застосованої дренажної системи. Надано стислий опис конструктивних заходів, призначених для забезпечення транспортної логістики та встановлення баштових кранів на етапі будівництва нульового циклу житлового комплексу. Проаналізовано дані натурних спостережень за деформаціями існуючих навколишніх будинків та виконано їх співставлення з розрахунковими значеннями деформацій та гранично допустимими значеннями згідно вимог чинних будівельних норм. Зроблено висновки щодо ефективності реалізованих проектних рішень після завершення будівництва нульового циклу житлового комплексу.

**Ключові слова:** котлован, ущільнена навколишня забудова, конструкції огорожі котловану, дренажна система, деформації.

**Постановка проблеми.** Переважна більшість новобудов у будь-якому великому місті реалізується в умовах ущільненої навколишньої забудови. В центральній частині міста, як правило, наявний гострий дефіцит місць для паркування автотранспорту, отже при будівництві житла необхідно передбачати багаторівневі підземні паркінги. Основна проблема тут – потреба виконання глибоких котлованів в безпосередній близькості до фундаментів існуючих будинків та/або інженерних мереж. Часто технічний стан існуючих будинків

згідно чинних норм [1] є незадовільним або взагалі аварійним. В таких випадках ДБН [2] досить суворо регламентують можливий вплив новобудови на основу існуючих будинків. Вирішення проблеми влаштування котловану залежить від досить широкого кола факторів: інженерно-геологічні та гідро-геологічні умови, конструктивні рішення та технічний стан існуючих будинків, параметри нового будівництва, технічні можливості підрядних організацій і т.п. Однозначної методики конструктивного вирішення такої багатofакторної задачі

вочевидь не існує, тому будь-який практичний досвід, отриманий при реалізації конкретних проектів буде актуальним і корисним для будівельної спільноти і розвитку будівельної галузі України.

Нижче покажемо, як автори статті вирішували схожу проблему при проектуванні і будівництві нульового циклу житлового комплексу Taryan Towers (Вежі Майбутнього), побудованого по вулиці Іоанна Павла II, 12 в Печерському районі міста Києва.

**Аналіз нормативної бази та попередніх досліджень.** Чинна нормативна база України щодо проектування в умовах ущільненої забудови представлена ДБН [3]. Дані норми встановлюють загальні вимоги безпеки під час нового будівництва в умовах ущільненої забудови. Конструкції кріплення стінок котлованів проектується згідно вимог ДСТУ [4]. На початковому етапі проектування вкрай необхідною є інформація про конструктивні рішення та технічний стан існуючих прилеглих будинків. Ця інформація отримується в рамках науково-технічного супроводу і регламентується нормами [1, 5]. Спеціалізована науково-технічна організація виконує обстеження існуючих будинків, проводить геотехнічний моніторинг та визначає рівень впливу нового

будівництва на основу навколишньої існуючої забудови, який регламентовано Додатком Б ДБН [2]. Науковці будівельної галузі України завжди приділяли значну увагу питанню обстеження та моніторингу в умовах ущільненої забудови. Тут варто згадати оригінальні методи геотехнічного моніторингу [6], ґрунтовний аналіз нормативної бази та технічних рішень [7], методику визначення ймовірності руйнування основ будівель [8] та ряд інших наукових праць.

На об'єкті, що розглянутий в даній статті, науково-технічний супровід виконувався фахівцями ДП НДІБК [9].

**Мета роботи.** Мета роботи – продемонструвати можливий шлях вирішення непрості інженерної задачі – проектування глибокого котловану в складних інженерно-геологічних умовах на ділянці з ущільненою навколишньою забудовою.

**Результати роботи.** Інженерна підготовка території для будівництва комплексу Taryan Towers почалася ще в 2007 році і з перервами тривала до 2016 року, коли розпочалося активне будівництво нульового циклу. Архітектурна концепція проекту в основному залишалася незмінною протягом цього часу – три висотні будинки баштового типу, об'єднані стилобатною частиною (рисунок 1).



Рис. 1. Загальний вигляд житлового комплексу Taryan Towers і навколишньої забудови (архітектурна концепція)

Ділянка забудови характеризувалася складним рельєфом з наявністю зсувного схилу і ущільненої навколишньої забудови (рис. 2, 3). Відстань від контуру стилюбату до існуючих будинків складала від 6 до 8.8 м. Проектна глибина котловану по периметру ділянки коливалася в межах 9.7...17.9 м.

Інженерно-геологічні умови ділянки наведено на рис. 3. Вони характеризуються наявністю потужного шару глинистих ґрунтів у верхній частині геологічного розрізу з поверхнею зсуву та двома водоносними горизонтами. Стійкість схилу розрахована на етапі інженерно-геологічних вишукувань [10] і була оцінена як достатня ( $K_{\min} = 1.42$ ) при відсутності замочування зсувних ґрунтів. При замочуванні передбачалася імовірність втрати стійкості схилу ( $K = 0.993$ ). Цим була обумовлена необхідність застосування надійної дренажної системи як на період будівництва так і на час подальшої експлуатації об'єкта.

*Конструкція огорожень котловану.* На етапі проектування інженерної підготовки території було прийнято рішення виконати комплекс шпунтових підпірних стін з буронабивних паль  $\varnothing 1020$  мм, довжиною 15...30 м. Крок паль – 1 м (в шаховому порядку). Між основними палями виконуються джет-палі до рівня дна котловану для попередження викидів ґрунтової пульпи.

Поверху паль виконується обв'язочний ростверк висотою 1300,...,1600 мм. В куткових ділянках виконуються розпорки з круглих сталевих труб  $\varnothing 1020$  та 1420 мм. Паралельно з палями виконувалися вертикальні дренажні колодязі з боку школи № 47. Конструкція шпунтової огорожі наведена на рис. 4, 5.

Проведені розрахунки показали неможливість виконання котловану на проектну відмітку з боку школи № 47 і будинків №№ 10 і 13 по вул. Глазунова без додаткових розкріплень шпунтової огорожі. В той же час, в зоні існуючого будинку №10 по вул. Іоанна Павла II розрахунок дав позитивний результат. Виходячи з цього, була розроблена технологічна послідовність робіт по будівництву нульового циклу житлового комплексу, яка включала наступні етапи:

*Етап 1* (рис. 6) – виконання частини котловану і будівництво нульового циклу будинку 1 і прилеглої стилюбату. В конструкціях стилюбату було передбачено тимчасовий залізобетонний пандус на тимчасових опорах для заїзду в котлован з вулиці Іоанна Павла II, який виконував свою функцію до завершення основних будівельних робіт і був демонтований тільки влітку 2025 р.

*Етап 2* (рис. 7) – виконання частини котловану і будівництво нульового циклу

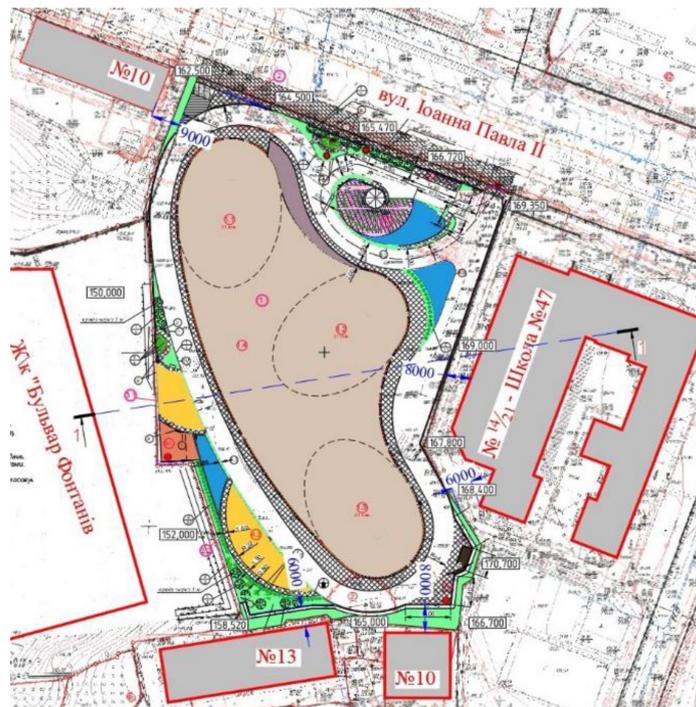


Рис. 2. Генплан ділянки

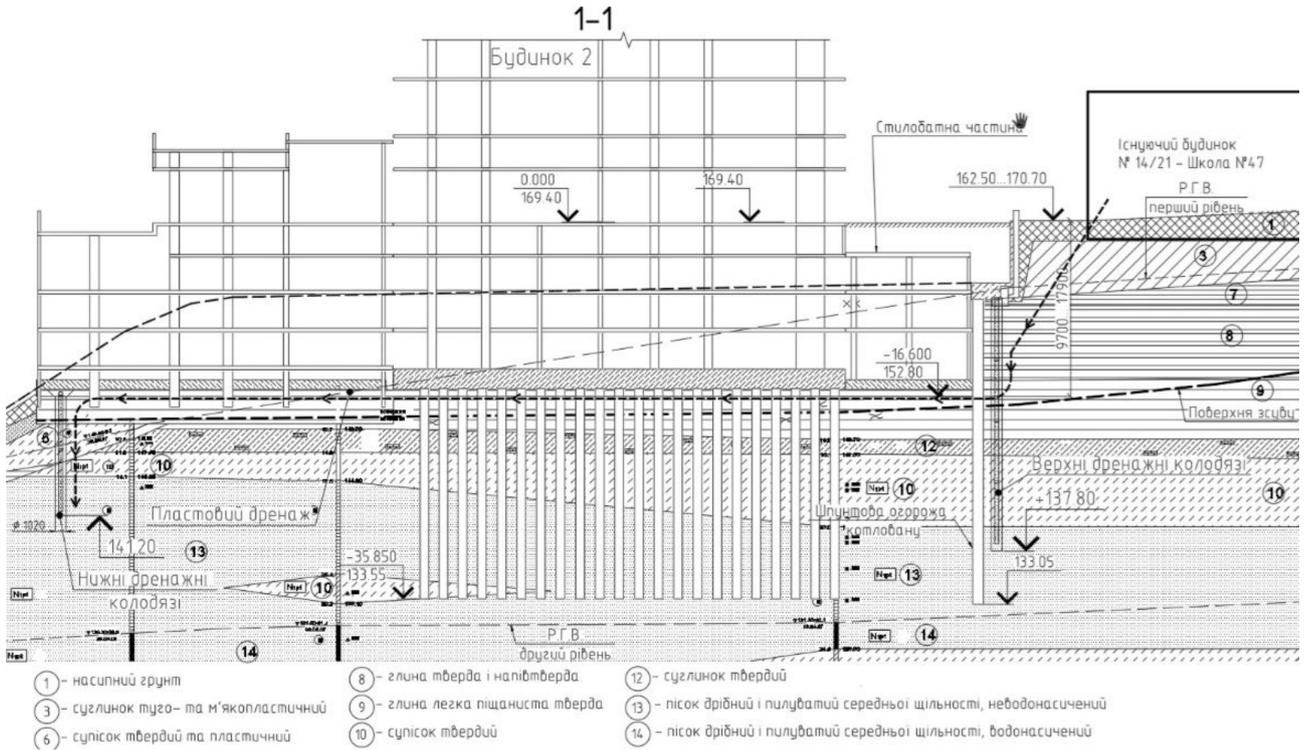


Рис. 3. Переріз 1-1. Посадка комплексу на інженерно-геологічну основу. Принципова схема дренажної системи

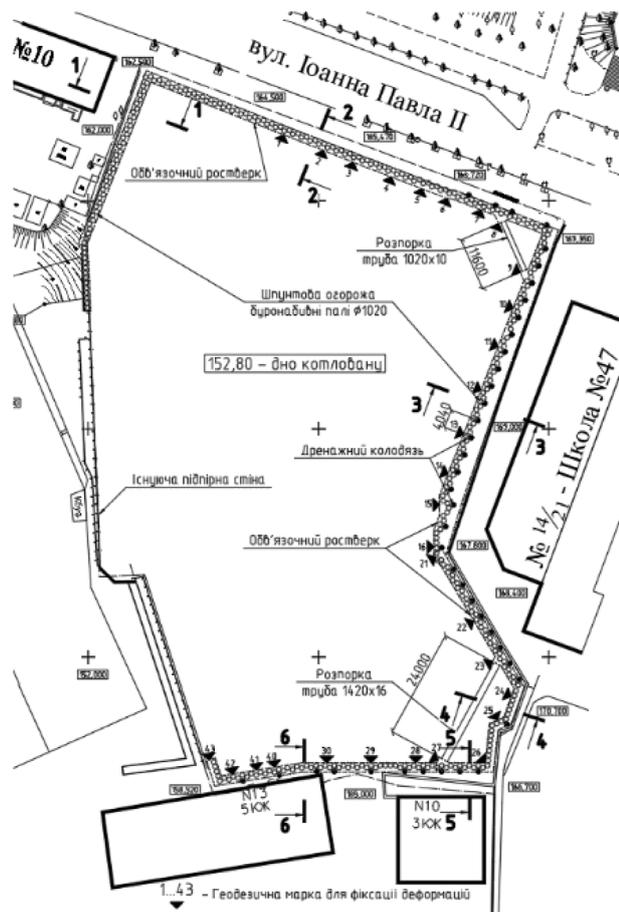


Рис. 4. План шпунтових огорож котловану

будинку 2. На цьому етапі виконано локальний шпунт з буроін'єкційних паль  $\varnothing 620$  мм, довжиною 12 м для збереження ґрунтової берми вздовж школи № 47 і для забезпечення встановлення баштового крана. Палі будинку 2 виконувалися з відмітки 155.00 (проектна відмітка голови палі 153.55, перебур 1.45 м).

*Етап 3* (рис. 8) – виконання частини котловану і будівництво нульового циклу будинку 3. При цьому було доповнено локальний шпунт з буроін'єкційних паль  $\varnothing 620$  мм довжиною 12 м для збереження ґрунтової берми на розі школи № 47 та виконано локальний шпунт для забезпечення встановлення баштового крана і додаткові контрфорси з буронабивних палі  $\varnothing 820$  мм, довжиною 21 м. Палі будинку 3 виконувалися з відмітки 154.50 (проектна відмітка голови палі 153.55, перебур 1 м). На цьому ж етапі розроблявся котлован і виконувалося будівництво стилюбату вздовж вулиці Іоанна Павла II.

*Етап 4* (рис. 9) – виконання трубчатих сталевих розпорок з конструкцій будинків 2 та 3 на ростверк шпунтової огорожі котловану. Остаточна екскавація котловану до проектних відміток. Демонтаж тимчасо-

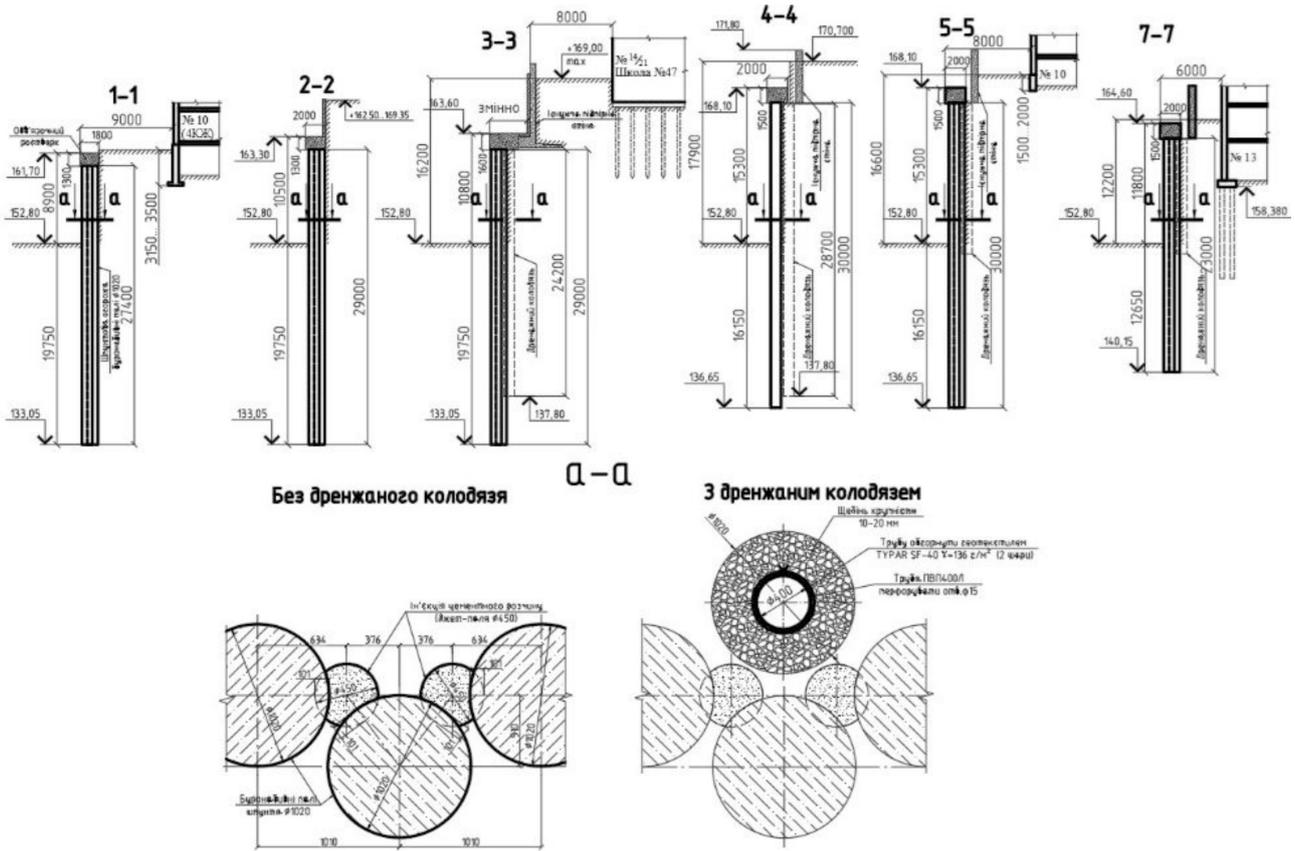


Рис. 5. Перерізи і деталі шпунтових огорож котловану

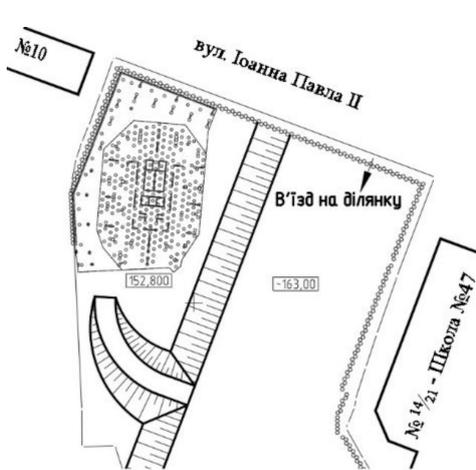


Рис. 6. Схема котловану на етапі 1

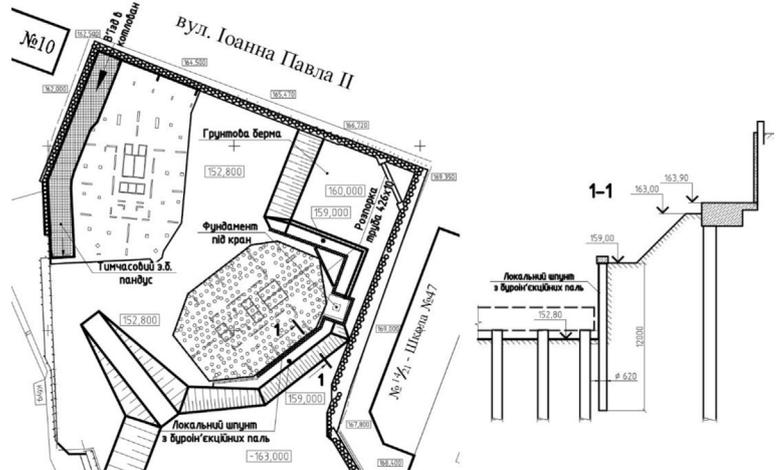


Рис. 7. Схема котловану на етапі 2

вих контрфорсів. Завершення будівництва нульового циклу.

Така технологічна послідовність дозволила значно знизити вартість огорожі котловану і забезпечити її надійність на період будівництва нульового циклу. На протязі цього періоду велися геодезичні спостереження за деформаціями шпунтової огорожі, які наведені в табл. 1 де також надано співставлення фактичних, розра-

хункових і граничних величин деформацій.

**Конструкція дренажної системи.** Для регулювання і відведення ґрунтових вод першого водоносного горизонту і атмосферних опадів була застосована комбінована дренажна система (рис. 1), яка складалася з вертикальних трубчатих колодязів у верхній і нижній частинах та пластового дренажу під всією площею забудови. В період

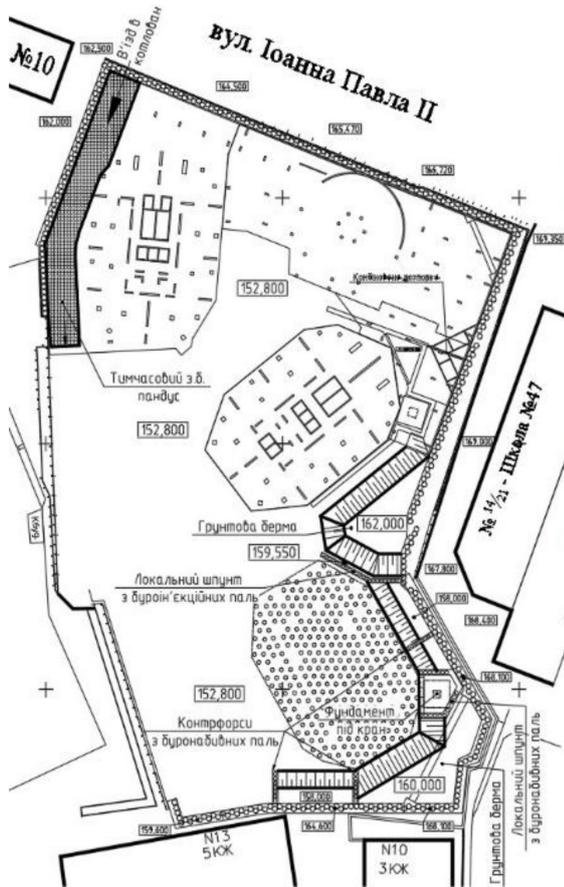


Рис. 8. Схема котловану на етапі 3

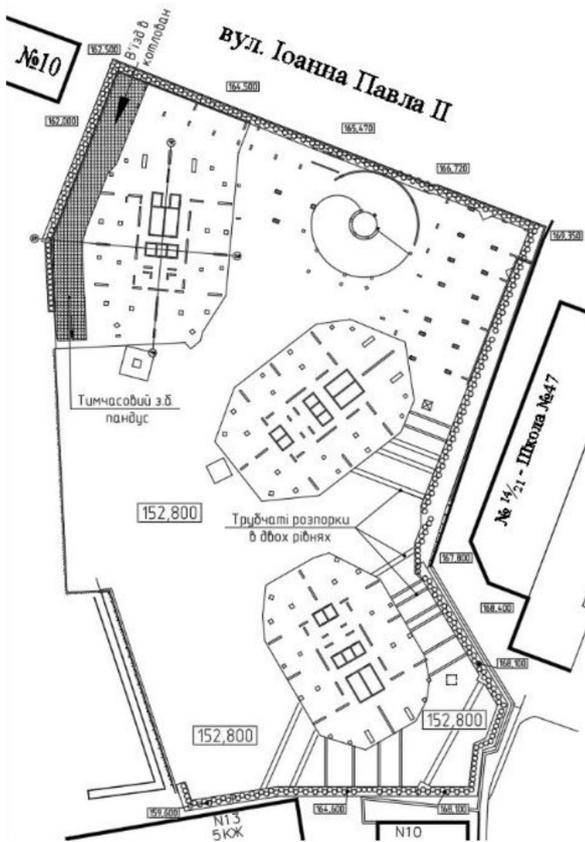


Рис. 9. Схема котловану на етапі 4

**Таблиця 1. Горизонтальні деформації верху шпунтової огорожі при відкопці котловану до проектної відмітки, мм**

Переріз/марка по рис. 4	Фактична деформація	Розрахункова деформація	Граничні деформації (формула 8.66 [4])
1-1	не вимірювалося	65	130
2-2/марка 2	39	42	
марка 5	100	–	
3-3/марка 16	46	55	
4-4/марка 25	22	34	
марка 22	75	–	
5-5/марка 29	64	46	
6-6/марка 40	34	45	

будівництва, коли пластова складова дренажу ще не функціонувала, водовідведення виконувалося колодязями з боку школи № 47, які виконувалися глибокими – до відмітки 137.80, щоб пройти водоупорні шари і досягти полтавських пісків. В період експлуатації верхні колодязі перехоплюють ґрунтові води першого горизонту і дренують їх в пісок як безпосередньо так і по пластовому дренажу в колодязі нижньої частини. В рамках наукового супроводу фахівцями НДІБК були проведені експериментальні натурні випробування дренажних колодязів та зроблені висновки щодо ефективності застосованої дренажної системи. Було констатовано, що одиночний верхній колодязь з боку школи № 47 здатний інфільтрувати в ґрунт (дрібний пісок ІГЕ 13) біля 2 м<sup>3</sup>/добу води, що приблизно дорівнює притоку води з першого водоносного горизонту до однієї свердловини. При надходженні більшої кількості води (під час сніготанення або інтенсивних дощів та злив) пропускна здатність свердловини збільшиться через збільшення напорів води. Пропускна здатність колодязю нижньої частини виявилась на порядок більшою.

Слід зазначити, що за весь час будівництва нульового циклу значних застоїв

води у відкритому котловані практично не було. На теперішній час, коли комплекс фактично побудовано і підземна частина експлуатується вже кілька років, слідів негативного баражного впливу ґрунтових вод не спостерігається як в новобудові так і в зонах навколишніх будинків. Це свідчить про ефективність дренажної системи.

*Натурні спостереження за деформаціями існуючих навколишніх будинків.* В рамках науково-технічного супроводу фахівцями НДІБК виконувалися виміри осідань існуючих будинків в процесі будівництва нульового циклу. В таблиці 2 наведено дані вимірів додаткових вертикальних осідань і їх співставлення з розрахунковими і граничними значеннями.

**Таблиця 2. Додаткові вертикальні деформації основ існуючих будинків, мм**

Будинок, адреса	Фактична деформація	Розрахункова деформація	Граничні деформації (Додаток Б [2])
№10, вул. Іанна Павла II	6	12	10
Школа № 47	9	28	20
№ 10, вул. Глазунова	5	13	20
№ 13, вул. Глазунова	3	7	20

**Висновки.** В матеріалах даної роботи викладено досвід проектування і будівництва глибокого котловану в складних умовах. Ефективність реалізованих рішень по кріпленню стінок котловану підтверджена даними натурних вимірів деформацій шпунтових огорож та існуючих навколишніх будинків, які не перевищують граничних значень. Ефективність застосованої дренажної системи підтверджена як на стадії будівництва, так і на стадії експлуатації підземної частини комплексу. Опубліковані результати можуть бути корисним для практикуючих фахівців будівельної галузі і стануть їм у пригоді при вирішенні аналогічних завдань.

#### *Література*

1. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель

- і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. [Чинний від 2024-09-01]. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2024. 74 с.
2. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
3. ДБН В.1.2-12:2008. Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 34 с.
4. ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. Настанова з проектування підпірних стін. [Чинний від 2015-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2015. 86 с.
5. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. [Чинний від 2008-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. 16 с.
6. Іщенко Ю. І., Мелашенко Ю. Б., Бені І. В., Слюсаренко Ю. С., Яковенко М. С. Геотехнічний моніторинг в умовах ущільненої міської забудови. *Наука та будівництво*. Київ, 2020. № 25(3). С. 13–25.
7. Гладисhev Г. М., Гладисhev Д. Г., Гладисhev Р. Д. Взаємодія остовів будівель та їхніх основ в межах ущільненої забудови Львова: монографія. Львів : Норма, 2023. 336 с.
8. Кураш С. Ю., Калюх Ю. І., Хавкін О. К., Калюх Т. Ю. Застосування теорії збалансованого ризику для визначення вірогідності характеристик слабких ґрунтів в умовах щільної міської забудови. *Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві»*. 2011. № 1. С. 71–75.
9. Оцінка впливу будівництва об'єкту: «Будівництво житлового комплексу з вбудовано-прибудованими нежитловими приміщеннями та підземним паркінгом на вул. Патріса Лумумби, 12 в Печерському районі міста Києва» на оточуючу забудову: звіт про НТР / ДП НДІБК; кер. В. А.Титаренко. Шифр теми ЗНТ-356-6649.19-001. Київ, 2019. 51 с.
10. Житловий комплекс з об'єктами громадського обслуговування, офісними приміщеннями та підземними автостоянками по вул. Патріса Лумумби, 12 у Печерському районі міста Києва. Расчет устойчивости склона. Пояснительная записка: Дополнение к отчету об инженерно-геологических изысканиях / СП Основа-Солсиф; кер. І. С. Сосняк. Шифр 20057315 -121 / 06-00.00-ПЗ. Київ, 2007. 12 с.

### References

1. DSTU 9273:2024. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsiniuvannia yikhnoho tekhnichnoho stanu. Mekhanichniy opir ta stiikist. [Chynnyi vid 2024-09-01]. Vyd. ofits. Kyiv : UkrNDNTs, 2024. 74 s.
2. DBN V.2.1-10:2018. Osnovy i fundamenti budivel ta sporud. Osnovni polozhennia. [Chynnyi vid 2019-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2018. 36 s.
3. DBN V.1.2-12:2008. Systema nadiinosti ta bezpeky v budivnytstvi. Budivnytstvo v umovakh ushchilnenoi zabudovy. Vymohy bezpeky. [Chynnyi vid 2009-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2008. 34 s.
4. DSTU-N B V.2.1-31:2014. Nastanova z proektuvannia pidpirnykh stin. [Chynnyi vid 2015-10-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2015. 86 s.
5. DBN V.1.2-5:2007. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Naukovo-tekhnichnyi suprovod budivelnykh ob'ektiv. [Chynnyi vid 2008-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2007. 16 s.
6. Ishchenko Yu. I., Melashenko Yu. B., Ben I. V., Sliusarenko Yu. S., Yakovenko M. S. Heotekhnichniy monitorynh v umovakh ushchilnenoi miskoi zabudovy. *Nauka ta budivnytstvo*. Kyiv, 2020. № 25(3). S. 13-25.
7. Hladyshev H. M., Hladyshev D. H., Hladyshev R. D. Vzaiemodiia ostoviv budivel ta yikhnykh osnov v mezhakh ushchilnenoi zabudovy Lvova: monohrafiia. Lviv : Norma, 2023. 336 s.
8. Kurash S. Yu., Kaliukh Yu. I., Khavkin O. K., Kaliukh T. Yu. Zastosuvannia teorii zbalansovanoho ryzyku dlia vyznachennia virohidnosti kharakterystyk slabkykh gruntiv v umovakh shchilnoi miskoi zabudovy. *Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk "Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi"*. 2011. № 1. S. 71–75.
9. Otsinka vplyvu budivnytstva ob'ektu: "Budivnytstvo zhytlovoho kompleksu z vbudovano-prybudovanymy nezhytlovymy prymishchenniamy ta pidzemnym parkinhom na vul. Patrisa Lumumby, 12 v Pecherskomu raioni mista Kyieva" na otokhuiuchu zabudovu: zvit pro NTR / DP NDIBK; ker. V. A. Tytarenko. Shyfr temy ZNT-356-6649.19-001. Kyiv, 2019. 51 s.
10. Zhytloviy kompleks z ob'ektamy hromadskoho obsluhovuvannia, ofisnymy prymishchenniamy ta pidzemnymy avtostoiiankamy po vul. Patrisa Lumumby, 12 u Pecherskomu raioni mista Kyieva. Raschet ustoi chyvosty sklona. Poiasnytelnaia zapyska: Dopolnenye k otchetu ob ynzhenerno-heolohycheskykh yzyskaniyakh / SP Osнова-Solsif; ker. I. S. Sosniak. Shyfr 20057315-121 / 06-00.00-PZ. Kyiv, 2007. 12 s.

### EXPERIENCE IN DESIGNING A DEEP EXCAVATION IN CONDITIONS OF COMPACTED CONSTRUCTION

**Abstract.** *The article describes the practical experience of designing and constructing a deep excavation in difficult engineering and geological conditions in the area of compacted existing buildings, obtained during the implementation of the project of the residential complex Taryan Towers (Towers of the Future), built at 12 John Paul II Street in the Pechersk district of Kyiv. A review and analysis of the current building codes of Ukraine and scientific and technical literature on the subject was carried out. The engineering and geological conditions of the construction site are described and analysed, including an assessment of the stability of the landslide slope. The main constructive*

*solutions of the excavation walls are described, as well as the technological sequence of excavation development at the main stages of the construction of the basement of the residential complex. The data of field geodetic observations of deformations of the excavation walls structures during construction are presented and compared with the calculated values and maximum permissible parameters. The description of the used design and technical solutions of the drainage system for regulating groundwater and preventing the occurrence of the barrage effect at the border of the excavation walls is given. The data of experimental field tests of single filtration wells are presented and conclusions are drawn on the effectiveness of the applied drainage system. A brief description of constructive measures intended to ensure transport logistics and installation of tower cranes at the stage of construction of the basement of the residential complex is given. The data of field observations of deformations of the existing surrounding buildings are analysed and compared with the calculated values of deformations and maximum permissible values in accordance with the requirements of current building codes. Conclusions are drawn about the effectiveness of the implemented design solutions after the completion of the construction of the zero cycle of the residential complex.*

**Key words:** *excavation, compacted surrounding buildings, excavation walls structures, drainage system, deformations.*

**Shaporenko Yu. I.**

PhD, Senior Research Fellow,  
SE “Research Institute of Building Structures”, Kyiv

**Kovalenko E. I.**

Director of LLC “Design Centre “Poznyaky-Zhyl-Bud”, Kyiv

**Pokryshka S. M.**

Chief Designer of LLC “Design Centre “Poznyaky-Zhil-Bud”, Kyiv

*Дата надходження статті: 08.11.2025*

*Прийнято: 02.12.2025*

*Опубліковано: 30.12.2025*



# ЗМІСТ

<b>Гаркуша М. В.</b> <b>ЗАСТОСУВАННЯ ДОДАТКОВИХ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ</b> <b>ДЛЯ ЗАХИСТУ ДОРОЖНІХ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ</b> <b>З МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ.....</b>	<b>3</b>
<b>Зінченко Г. В., Дорофєєв В. С., Пушкар Н. В., Малихіна А., Білоусько А.</b> <b>ТРАНСФОРМАЦІЯ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА У НАПРЯМІ БЕЗБАР'ЄРНОСТІ.....</b>	<b>11</b>
<b>Лещинер О. Л.</b> <b>ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІКОННИХ І ФАСАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</b> <b>УКРАЇНИ, ЄВРОПИ ТА США.....</b>	<b>20</b>
<b>Meneiliuk O. I., Russyi V. V., Bochevar K. I.</b> <b>FRAMED STAY-IN-PLACE FORMWORK: EFFICIENCY AND IMPLEMENTATION.....</b>	<b>26</b>
<b>Nevliudov I. S., Sotnik S. V.</b> <b>DESIGN OF THE STRUCTURE AND MOTION CONTROL SYSTEM</b> <b>OF A STATIONARY ROBOT MANIPULATOR FOR CONSTRUCTION WORK.....</b>	<b>37</b>
<b>Некрилов А. М.</b> <b>НЕСТАНДАРТНІ МЕТОДИ КРІПЛЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ</b> <b>МЕТАЛОПЛАСТИКОВИХ ВІКОН.....</b>	<b>46</b>
<b>Постернак І. М., Постернак С. О., Постернак О. С.</b> <b>SWOT-АНАЛІЗ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ЗАСАД</b> <b>ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ.....</b>	<b>58</b>
<b>Рудін А. А., Несевря П. І.</b> <b>КОРЕЛЯЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ОБВОДНЕНИХ ЛЕСОВИХ ҐРУНТІВ</b> <b>М. ДНІПРО МЕТОДАМИ ДИНАМІЧНОГО ТА СТАТИЧНОГО ЗОНДУВАННЯ.....</b>	<b>67</b>
<b>Селешок І. В.</b> <b>ФОРМУВАННЯ СОЦІАЛЬНОГО ЖИТЛА НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....</b>	<b>79</b>
<b>Шапоренко Ю. І., Коваленко Є. І., Покришка С. М.</b> <b>ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ ГЛИБОКОГО КОТЛОВАНУ В УМОВАХ УЩІЛЬНЕНОЇ</b> <b>ЗАБУДОВИ.....</b>	<b>87</b>

# CONTENTS

<b>Harkusha M. V.</b> <b>APPLICATION OF METHYL METHACRYLATE COATINGS FOR PROTECTION OF ROAD WATER PIPES MADE OF METAL CORRUGATED STRUCTURES FROM CORROSION.....</b>	<b>3</b>
<b>Zinchenko H. V., Dorofeev V. S., Pushkar N. V.</b> <b>TRANSFORMATION OF THE URBAN ENVIRONMENT TOWARDS BARRIER-FREE ACCESS.....</b>	<b>11</b>
<b>Leshchyner O. L.</b> <b>COMPARATIVE ANALYSIS OF WINDOW AND FACADE TECHNOLOGIES IN UKRAINE, EUROPE AND THE USA.....</b>	<b>20</b>
<b>Meneiliuk O. I., Russyi V. V., Bochevar K. I.</b> <b>FRAMED STAY-IN-PLACE FORMWORK: EFFICIENCY AND IMPLEMENTATION.....</b>	<b>26</b>
<b>Nevliudov I. S., Sotnik S. V.</b> <b>DESIGN OF THE STRUCTURE AND MOTION CONTROL SYSTEM OF A STATIONARY ROBOT MANIPULATOR FOR CONSTRUCTION WORK.....</b>	<b>37</b>
<b>Nekrylov A. M.</b> <b>NON-STANDARD METHODS OF FASTENING THE CENTRAL PART OF METAL-PLASTIC WINDOWS.....</b>	<b>46</b>
<b>Posternak I. M., Posternak S. O., Posternak O. S.</b> <b>SWOT ANALYSIS OF CONCEPTUAL BASIS OF OPERATIONAL AND CALENDAR PLANNING IN CONSTRUCTION.....</b>	<b>58</b>
<b>Rudin A. A., Nesevrya P. I.</b> <b>CORRELATION ANALYSIS OF DYNAMIC AND STATIC PROBING DATA FOR WATER-SATURATED LOESS SOILS IN DNIPRO.....</b>	<b>67</b>
<b>Seleshok I. V.</b> <b>FORMATION OF SOCIAL HOUSING BASED ON THE PRINCIPLES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT.....</b>	<b>79</b>
<b>Shaporenko Yu. I., Kovalenko E. I., Pokryshka S. M.</b> <b>EXPERIENCE IN DESIGNING A DEEP EXCAVATION IN CONDITIONS OF COMPACTED CONSTRUCTION.....</b>	<b>87</b>

## Регламенти контролю якості виконання будівельних робіт

1. Регламент контролю якості **РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ**
2. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ**
3. Регламент контролю якості **ПРИ ЗВЕДЕННІ МОНОЛІТНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**
4. Регламент контролю якості **ПРИ МОНТАЖІ ЗБІРНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**
5. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ**
6. Регламент контролю якості **МОНТАЖУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**
7. Регламент контролю якості **ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ МОНТАЖІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**
8. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ НЕПРОХІДНИХ КОМУНІКАЦІЙНИХ КАНАЛІВ**
9. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ**
10. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬ**
11. Регламент контролю якості **ОПОРЯДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ**
12. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ ПІДЛОГ**
13. Регламент контролю якості **РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ВІКОН І ДВЕРЕЙ**
14. Регламент контролю якості **МОНТАЖУ ВНУТРІШНІХ САНИТАРНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**
15. Регламент контролю якості **ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ**
16. Регламент контролю якості **РОБІТ ІЗ БЛАГОУСТРОЮ ТЕРИТОРІЇ**





# НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

*Науково-технічний журнал*

Випуск № 47

Підписано до друку 30.12.2025 р. Формат 60×84/8. Обл.-вид. арк. 7,50, ум. друк. арк. 11,63.  
Папір офсетний. Цифровий друк. Наклад 200 примірників. Замовлення № 0126/066.

**Видавничий дім «Гельветика»**  
(Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7623 від 22.06.2022 р.)  
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1  
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: mailbox@helvetica.ua