Міністерство освіти та науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет
KHERSON STATE AGRARIAN AND ECONOMIC UNIVERSITY

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ ТА СПОРУДИ ТРЕТЬОГО ТИСЯЧОЛІТТЯ

Збірник наукових праць

ВИПУСК 9



29 жовтня 2026 року

м. Кропивницький

Видається за рішенням редакційної колегії IX Всеукраїнської науково-практичної Інтернет конференції «Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього тисячоліття» та Вченої ради факультету архітектури та будівництва Херсонського державного аграрно-економічного університету.

В збірнику публікуються наукові статті з питань будівництва і архітектури, спрямовані на науковий пошук, обмін досвідом, впровадження результатів наукових досліджень у практичну діяльність підприємств і установ, установлення нових контактів і співробітництва між організаціями та фахівцями.
Збірник розрахований на наукових, інженерно-технічних співробітників підприємств, проектних організацій, навчальних та науково-дослідних інститутів напряму будівництва та архітектури.

Редакційна колегія:

Чеканович М.Г. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри будівництва, архітектури та дизайну Херсонського державного аграрно-економічного університету, Заслужений винахідник України; дійсний член Академії будівництва України;

Гасенко Л.В. – к.т.н., доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну Херсонського державного аграрно-економічного університету

Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього тисячоліття: збірник наукових праць. 9-й випуск. – Кропивницький – Херсон: ХДАЕУ, 2026. – 112 с.

Тексти матеріалів тез подані в авторській редакції. Відповідальність за точність, достовірність і зміст поданих матеріалів несуть автори.

© Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2026

ЗМІСТ

Чудик І.І., Добрянський І.М., Добрянська Л.О. **5**
ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Чеканович М.Г. **10**
НОВА САМОРЕГУЛЬОВАНО-ПІДСИЛЕНА БАЛКА

Чеканович М.Г. **13**
РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ РУЙНУВАНЬ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ

Чеканович О.М., Чеканович М.Г. **17**
ВАЖІЛЬНО-СТРИЖНЕВА СИСТЕМА ПІДСИЛЕННЯ

Вешневецька О.В. **21**
АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ З ОДНОБІЧНОЮ КОНСОЛЛЮ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Гасенко А.В., Вахненко Г.В. **23**
КОНСТРУКЦІЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТІЙОК ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ДВОВІСНИЙ СТИСК

Межейніков С.С. **25**
ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЗАЦЕНТРОВО СТИСНУТИХ СТАЛЕВИХ КОЛОН

Семко О.В., Міщенко Р.Р. **29**
ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СТАНІВ МОСТОВИХ СПОРУД

Сипливець О.О., Андрей Є.Б. **33**
ОЦІНКА ВПЛИВУ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Сипливець О.О., Денисюк Т.Д. **36**
ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ В БУДІВЛЯХ З ІНТЕГРОВАНИМИ ПРИМІЩЕННЯМИ

Сипливець О.О., Сироквашина О.М. **39**
АНАЛІЗ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ КОЛОН БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЇХ ОПТИМІЗАЦІЯ

Стельмах А.П. **43**
ГЕОТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПАЛЬОВО-АНКЕРНИХ УТРИМУЮЧИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ЩІЛЬНОГО МІСЬКОГО ЛАНДШАФТУ ОДЕСИ

Саваєва Є.А., Фоменко О.Є. **47**
УСАДКОВІ ДЕФОРМАЦІЇ БЕТОНУ: ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ, ФАКТОРИ ВПЛИВУ ТА МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ

Волошин М.М. **50**
СВІТОВИЙ ДОСВІД ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ БЕТОНУ В БУДІВЕЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Гасенко А.В., Вірченко В.В. **54**
РАЦІОНАЛЬНЕ БЕТОНОЗМІШУВАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ З ВИГОТОВЛЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТІВ

Желуденко К.В. **57**
СУЧАСНІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ МІЖПОВЕРХОВИХ ПЕРЕКРИТТІВ У ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ

Кононенко Л.В. **61**
ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-ДРУКУ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ У КОНТЕКСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Кравченко В.І., Крючков Ю.М. **65**
УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД З ВИГОТОВЛЕННЯМ БІОПАЛИВА ТА ОДЕРЖАННЯМ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Бойко В.В., Будніков М.Є., Григорчук Г.В. **68**
ФОРМУВАННЯ БЕЗБАР'ЄРНОГО ПІШОХІДНОГО МАРШРУТУ В УМОВАХ СФОРМОВАНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ (НА ПРИКЛАДІ М. КРОПИВНИЦЬКОГО)

Бурлака Д.В., Григорчук Г.В. **72**
НЕЙРОАРХІТЕКТУРА: ВПЛИВ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПСИХОЛОГІЧНИЙ СТАН ТА ПОВЕДІНКУ ЛЮДИНИ

Вірчак Є.С., Григорчук Г.В. **76**
ЛАНДШАФТНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТУРИСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Вольф Ш.Р.Й., Григорчук Г.В. **81**
ДОСТУПНІСТЬ МОБІЛЬНИХ УКРИТТІВ ЯК СКЛАДОВА ІНКЛЮЗИВНОГО ДИТЯЧОГО ІГРОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Дарієнко В.В., Карпушин С.О., Слонь В.В. **85**
ВПЛИВ ДЕФІЦИТУ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА СПРИЙНЯТТЯ БЕЗПЕКИ ТА ТРАНСФОРМАЦІЮ ВЕЧІРНЬОЇ МОБІЛЬНОСТІ МІСТЯН

Коломієць Є.Р., Григорчук Г.В. **88**
РАДЯНСЬКИЙ МОДЕРНІЗМ В УКРАЇНІ: ЦІННІСТЬ ЧИ СПАДЩИНА, ЯКУ ВАРТО ЗНИЩИТИ

Пухальська В.С., Григорчук Г.В. **92**
УКРАЇНСЬКА НАЦІОНАЛЬНА ІДЕНТИЧНІСТЬ У СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ: ЗАСОБИ ВИРАЖЕННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ

Харламова Л.В. **95**
ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ ГІБРИДНОЇ АРХІТЕКТУРИ. Проєкти Стівена Холла в Шеньчжені та Пекіні

Харламова Л.В. **100**
ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ ГІБРИДНОЇ АРХІТЕКТУРИ. Проєкти Проєкти Архітектурного Бюро BIG

Чепіль Р.Д. **105**
ПЕРСПЕКТИВИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ КОЛИШНЬОГО ХЕРСОНСЬКОГО КОМБАЙНОВОГО ЗАВОДУ В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ МІСТА

Чалий Р.Д., Гасенко Л.В. **109**
ІНТЕГРАЦІЯ СТАНДАРТІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В КОЖЕН ЕТАП УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ

УДК 624.01

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Чудик І.І., Добрянський І.М., Добрянська Л.О.
Івано-франківський національний технічний університет нафти і газу

Вступ. Трубобетонні конструкції є одними з найефективніших сучасних типів комбінованих елементів, що поєднують переваги сталі та бетону. Їхнє використання дозволяє значно підвищити несучу здатність, зменшити масу споруди та покращити сейсмостійкість. В умовах розвитку висотного будівництва, реконструкції споруд та збільшення вимог до енергоефективності, трубобетон набуває все більшого практичного значення.

Трубобетонні конструкції широко застосовуються у сучасному будівництві завдяки високій несучій здатності при малій масі, підвищеній жорсткісті та вогнестійкості, зменшенню перерізів колон (економія площі приміщення), простоті виготовлення і монтажу, можливості використання в сейсмічних районах та ефективній спільній роботі сталі і бетону.

Основна частина. Трубобетон – це композиційний матеріал, утворений у результаті заповнення сталевої труби важким або дрібнозернистим бетоном. Сталева оболонка сприймає розтягувальні та частково стискальні зусилля, а бетон — основне стискання. Така взаємодія забезпечує спільну роботу матеріалів і працює як єдина композиційна система, у якій сталева трубчаста оболонка та бетонне ядро взаємодіють без використання традиційної арматури та зменшує ймовірність втрати стійкості. Основною особливістю їх роботи є взаємне обмеження деформацій, що забезпечує підвищену міцність, жорсткість і стійкість елементів.

Типові елементи – це колони будівель і споруд, опори мостів, стовбури веж і щогл, елементи підземних споруд.

Основні формули розрахунку:

Несуча здатність трубобетонної колони при осьовому стиску:

$$N = \varphi \cdot (f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_s)$$

де:
N – розрахункове навантаження;
φ – коефіцієнт умов роботи;
f_{cd} – розрахунковий опір бетону;
f_{yd} – розрахунковий опір сталі;
A_c – площа бетонного ядра;
A_s – площа сталевої оболонки.

Ефективний модуль пружності системи:

$$E_{ef} = E_c \cdot (A_c / A_t) + E_s \cdot (A_s / A_t)$$

де $A_t = A_c + A_s$ – загальна площа перерізу.

Гранична стійкість при позацентровому стиску:

$$M_{cr} = (\pi^2 \cdot E_{ef} \cdot I) / l^2$$

де I – момент інерції перерізу, l — розрахункова довжина колони.

Коефіцієнт підвищення міцності бетону через обтиснення:

$$f_{cc} = f_{ck} \cdot (1 + k \cdot (\sigma_r / f_{ck}))$$

де σ_r – кільцеві напруження у сталі, k – експериментальний коефіцієнт ($\approx$ 4 – 5).

Трубобетонні конструктивні елементи мають особливості роботи, такі як:

- спільна робота бетону і сталі: об’ємне обтиснення бетонного ядра (сталева оболонка створює радіальний тиск на бетон, бетон працює в умовах тривісного напруженого стану, підвищується розрахункова міцність бетону на стиск) - цей ефект є ключовим фактором високої ефективності трубобетону, робота сталевої оболонки (оболонка сприймає кільцеві та поздовжні напруження, зменшується ризик місцевої втрати стійкості, бетонне ядро запобігає втраті форми труби);
- робота при різних видах навантажень: осьовий стиск (основна частина навантаження передається бетонному ядру, сталева оболонка працює на обтиск і розтяг, несуча здатність значно перевищує суму окремих елементів), позацентровий стиск (виникає нерівномірний розподіл напружень, бетон у стиснутій зоні працює ефективніше, сталева оболонка сприймає згинальні напруження), згин (бетон працює на стиск у стиснутій зоні, сталева труба — на розтяг у розтягнутій зоні, відсутність тріщиноутворення, характерного для ЗБК);
- динамічні та сейсмічні навантаження (висока енергоємність, значна пластичність, здатність до багатоциклового навантаження без різкої втрати несучої здатності);
- стійкість трубобетонних елементів (зменшення гнучкості колони, підвищення критичних навантажень втрати стійкості, ефективна робота при великих відношеннях довжини до діаметра) - бетонне ядро істотно знижує ризик місцевого випучування сталевої оболонки;
- особливості напружено-деформованого стану (напруження у бетоні та сталі розподіляються більш рівномірно, деформації матеріалів близькі за величиною, відсутні різкі локальні концентрації напружень) - це забезпечує плавний характер руйнування, без крихких відмов;

- вплив довготривалих процесів: повзучість і усадка бетону (частина навантаження перерозподіляється на сталеву оболонку, зменшується вплив усадки на загальну деформацію, підвищується тривала надійність елемента), корозійні процеси (бетон частково захищає внутрішню поверхню труби, зовнішня поверхня потребує антикорозійного захисту, експлуатаційні умови істотно впливають на довговічність);

- особливості руйнування трубобетонних конструкцій (відсутність раптового крихкого руйнування, поступовий розвиток пластичних деформацій, збереження несучої здатності навіть після появи локальних пошкоджень) – це робить трубобетонні конструкції безпечними з експлуатаційної точки зору.

Трубобетонні конструкції знайшли застосування у висотному та багатоповерховому будівництві. У висотних будівлях трубобетонні колони використовуються у каркасах житлових і громадських будівель, у центральних ядрах жорсткості, у перших поверхах із підвищеними навантаженнями. Ефект застосування - зменшення розмірів колон на 20–40%, збільшення корисної площі приміщень, підвищення стійкості до прогресуючого руйнування. Економічна ефективність застосування трубобетонних колон дозволяє знизити витрати сталі на 10–25%, скоротити трудомісткість монтажу до 30%, збільшити поверховість будівель без посилення фундаментів, покращити експлуатаційну довговічність конструкцій.

У мостобудуванні та транспортних спорудах трубобетонні елементи широко використовуються як опори мостів і шляхопроводів, стійки естакад, опорні колони надземних переходів. Переваги їх застосування - висока тріщиностійкість, підвищена довговічність у агресивному середовищі, зменшення маси конструкції при збереженні міцності.

У промислових спорудах трубобетон застосовується для колон цехів, опор під важке обладнання, для резервуарних і баштових споруд.

Особливо ефективним є застосування трубобетонних конструкцій при динамічних та ударних навантаженнях.

Трубобетонні конструкції мають високу енергоємність, значну пластичність, здатність до перерозподілу зусиль, що робить їх доцільними для застосування в районах із підвищеною сейсмічною активністю.

Трубобетонні технології застосовують при реконструкції та підсиленні існуючих споруд при обетонуванні сталевих труб старих колон, для підсилення залізобетонних елементів сталевими оболонками, у надбудовах поверхів без суттєвого збільшення навантажень на фундаменти.

Трубобетонні конструкції є різновидом комбінованих сталебетонних систем, у яких бетонне ядро працює спільно зі сталевою трубчастою оболонкою. Така взаємодія забезпечує високі експлуатаційні показники, однак поряд із перевагами має і певні обмеження. Об’єктивна оцінка переваг та недоліків трубобетону є необхідною умовою його раціонального застосування у сучасному будівництві.

Переваги трубобетонних конструкцій:

- підвищена несуча здатність (бетон працює в умовах об’ємного обтиснення, зростає розрахунковий опір бетону на стиск, сталева оболонка ефективно сприймає розтяг і частину стиску) - несуча здатність трубобетонних колон може перевищувати аналогічні залізобетонні елементи на 20–50 %;

- висока жорсткість і стійкість (зменшення гнучкості елементів, підвищена стійкість проти втрати форми, рівномірний розподіл напружень у перерізі) - особливо ефективно при позацентровому стиску та згині;

- компактність перерізів (зменшення розмірів колон, економія корисної площі будівель, архітектурна гнучкість проєктних рішень);

- підвищена вогнестійкість (бетонне ядро захищає сталь від швидкого нагріву, зменшується потреба у додаткових вогнезахисних заходах, збільшується час збереження несучої здатності при пожежі);

- добра робота при динамічних і сейсмічних навантаженнях (висока енергоємність, значна пластичність, ефективне гасіння коливань);

- технологічні та економічні переваги (поєднання опалубки та арматури в одній оболонці, скорочення термінів будівництва, зменшення трудомісткості монтажу, зниження витрат сталі порівняно зі сталевими колонами).

Недоліки трубобетонних конструкцій:

- складність контролю якості бетонування (неможливість візуального контролю бетонного ядра, ризик утворення пустот, необхідність спеціальних технологій укладання бетону);

- обмежена ремонтопридатність (ускладнений доступ до бетонного ядра, складність виконання ін’єкційних або відновлювальних робіт, потреба у спеціальних методах діагностики);

- корозійна небезпека сталевої оболонки (особливо актуально в агресивних середовищах, потреба в антикорозійному захисті, підвищені вимоги до експлуатації);

- недостатня нормативна база (обмежені рекомендації в національних нормах, необхідність використання єврокодів або експериментальних даних, складність точного розрахунку деяких режимів роботи);

- вартісні обмеження (вища початкова вартість порівняно з традиційним залізобетоном, доцільність застосування виправдана не для всіх типів будівель).

Трубобетонні конструкції є ефективним інженерним рішенням для сучасного будівництва, що поєднує найкращі властивості сталі та бетону. Вони забезпечують підвищену несучу здатність, стійкість та довговічність.

Незважаючи на численні переваги, трубобетонні конструкції мають низку проблем такі, як складність контролю якості бетонування, необхідність спеціальних методів розрахунку, відсутність у деяких нормах детальних рекомендацій, труднощі ремонту та діагностики внутрішнього бетонного ядра.

Таблиця 1. Порівняльна оцінка трубобетонних конструкцій з традиційними залізобетонними та сталевими елементами

Показник	Трубобетон	Залізобетон	Сталь
Несуча здатність	Висока	Середня	Висока
Габарити	Малі	Великі	Малі
Вогнестійкість	Висока	Висока	Низька
Довговічність	Висока	Висока	Середня
Вартість	Середня	Низька	Висока

Подальший розвиток трубобетонних конструкцій пов’язаний із використанням ультрависокоміцних бетонів, застосуванням композитних та корозійностійких оболонок, удосконаленням розрахункових моделей, цифровим моніторингом стану конструкцій.

Висновки.

1. Використання трубобетону є перспективним напрямком для сталого розвитку будівництва. Взаємодія бетону і сталі забезпечує високу міцність, жорсткість і стійкість. Особливості їх роботи обумовлюють перспективність широкого застосування у сучасному будівництві. Найефективнішими сферами застосування є висотне, промислове та сейсмостійке будівництво.
2. Трубобетонні конструкції мають значні конструктивні, експлуатаційні та економічні переваги. Робота трубобетонних конструкцій визначається ефектом об’ємного обтиснення бетону сталевою оболонкою. Трубобетонні елементи ефективні при осьових, згинальних, динамічних та сейсмічних навантаженнях.
3. Тема трубобетону залишається актуальною для наукових досліджень і дискусій.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-98:2022 “Бетонні та залізобетонні конструкції.Основні положення”
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012 “Проєктування сталевих і композитних конструкцій”
3. Шейко І.М., Комбіновані сталебетонні системи у висотному будівництві, Київ, 2021.
4. ACI 318-19 “Building Code Requirements for Structural Concrete”
5. EN 1994-1-1 Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures.

УДК 624.01

НОВА САМОРЕГУЛЬОВАНО - ПІДСИЛЕНА БАЛКА

Чеканович М.Г.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Сьогодні на території України є значні пошкодження конструкцій прогонових будов житлових, громадських і промислових будівель та споруд [1]. Серед таких конструкцій поширені балки. Їх підсилення представляється актуальним завданням для будівельного комплексу держави. На основі аналізу відомих методів підсилення, винайдення нових ефективних методів сприяє забезпеченню прогресу будівельної галузі. Саморегульоване підсилення, його удосконалення це один з найсучасніших напрямків світового тренду розвитку в будівництві. Підсилення залізобетонних конструкцій, які вже були раніше зміцнені додатковою арматурою в розтягнутій зоні, або ті, в яких ослабла стиснена зона відносяться до категорії переармованих і потребують специфічного підсилення, де традиційні способи часто малоефективні. На вирішення комплексу проблемних задач направлена розробка нової саморегульованої системи підсилення залізобетонних балок, яка може бути застосована і для нових балок [2-6].

Основна частина. Автором розроблена нова саморегульовано - підсилена балка. Заявка на винахід на яку за сутністю відноситься до галузі будівництва МК11 Е04 і, зокрема до балок зміцнених або підсилених зовнішньою арматурою з ефектом саморегулювання (МКВ Е04С 3/20; МКВ Е04G 23/02; МКВ Е04С 3/26; МКВ Е04С 5/08) [3].

Новизна саморегульовано-підсиленої балки полягає в тому, що затяжка закріплена по кінцях на торцях балки з ексцентриситетом нижче рівня нейтральної лінії у розтягнутій зоні балки, а вузол з'єднання її з поперечною арматурою знаходиться нижче рівня закріплення кінців затяжки, яка огинає натяжний механізм під балкою у трьох точках. При цьому поперечна арматура протилежним від вузла кінцем закріплена до верхньої грані балки під гострим кутом з можливістю розтягання верхньої фібри балки і створення моментів розвантаження від дії усіх сил системи підсилення на балку (рис. 1).

Досягається це завдяки перегину затяжки у вузлу під тупим кутом, і гострому куту між затяжкою і поперечною арматурою, який звернений до центру балки. При цьому натяжний реакційний механізм взаємодіє з нижньою гранню балки шарнірно у трьох точках. Він включає два симетрично розташовані вздовж балки жорсткі важелі з котками і обмежувачами їх переміщення у вигляді упорів. Ці упори розташовані зверху в середній частині важелів, обладнаних на нижньому кінці траверсою циліндричного профілю. Траверса контактує з затяжкою, що огинає її знизу. Тут важелі по верхнім кінцям з'єднані між собою пластинчатою пружною, що взаємодіє з нижньою і гранню балки і огинає радіально середній товстостінний пружний трубчастий

коток по центру балки. Коток обпирається знизу на затяжку. При цьому діаметр двох бічних котків важелів однакові і менші за діаметр центрального пружного котка. Це забезпечує контакт центрального котка з затяжкою. Кут між важелями, що звернений донизу, тупий.

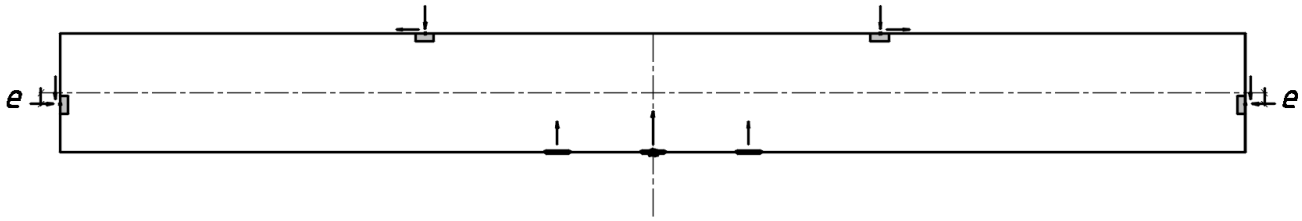


Рис. 1. Схема розташування розвантажувальних сил від дії системи підсилення балки

Ефективний натяг арматурних гілок підсилення та саморегулювання сприяють зміцненню балки, що підтверджується розрахунками (див. таблицю), які свідчать, що саморегульовано-підсилена балка має перевагу над аналогом і прототипом [1, 4-6].

Таблиця 1. Результати розрахунків дії моментів від системи підсилення на балку

Найменування	**M на опорі**	**M біля опори**	**M в третині**	**M по центру**	**Ефект по центру**
Балка з затяжкою і двома котками знизу (аналог) [1]	**2.977 x 10^3**	**4,218. x 10^3**	**1.042 x 10^4**	**1,291 x 10^4**	**1**
Балка з шпренгелем (двома котками знизу) [1]	**-9.611 x 10^3**	**-6.848 x 10^3**	**6,968 x 10^4**	**1.249 x 10^4**	**0.970**
Балка за прототипом [2]	**0**	**4,421 x 10^3**	**1,153 x 10^4**	**1,401 x 10^4**	**1,085**
Балка по заявці **a202604236** [3]	**3.576 x 10^3**	**5.04 x 10^3**	**1.491 x 10^4**	**1,781 x 10^4**	**1,379**

В місцях взаємодії системи зовнішнього підсилення з балкою при навантаженні (та попередньому напруженні) створюються сили проекції яких на вертикальну і горизонтальну осі створюють виключно розвантажувальний ефект, як за згинальними моментами, так і за поздовжніми силами (рис. 1). Зокрема, розтягується, розвантажується верхня стиснена зона балки. Натяжний механізм підтримує балку знизу у трьох точках, зокрема но центу, де максимальний її прогин.

Важелі механізму чутливо реагують на прогин по центру і передають цей вплив на затяжку, а пружне кільце, між важелями стабілізує роботу, запобігає

виходу з ладу системи при динамічних, сейсмічних та інших впливах. Навантаження на затяжку передається у трьох точках, то зменшує кути її перегину і місцеві напруження у ній. Бічні котки механізму нетрадиційно утримуються по горизонталі не за рахунок кріплення на балці, а за рахунок обмежувальних упорів на важелях. Це розвантажує важелі розтягом стисненої зони і не призводить до передачі розтягу на нижню розтягнуту грань балки.

Завдяки запропонованій регульовано-підсиленій конструкції балки з саморегульованим натягом затяжки і поперечної арматури ефективно підсилюється балка, особливо за нормальними перерізами, знижується деформатнвність системи в процесі експлуатаційного навантаження, спрощується конструкція і підвищується сейсмостійкість, надійність роботи при високій тріщиностійкості і міцності, зменшується матеріаломісткість та забезпечується висока ефективність використання фізико-.механічних характеристик матеріалів за рахунок створення моментів розвантаження від усіх діючих на балку сил від елементів системи підсилення.

Висновок. Враховуючи новизну, здійсненність технічного рішення, практичну цінність, підвищену до 37% міцність, стійкість конструкції при змінних динамічних (сейсмічних) навантаженнях, запропоновану конструкцію - «Саморегульовано-підсилена балка Чекановича» можна рекомендувати до провадження у будівельну практику для перекриття середніх і малих прогонів будівель та споруд, підсилення існуючих конструкцій, зокрема пошкоджених в результаті військових дій.

Список використаних джерел

1. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: навчальний посібник/Є.В. Клименко. - К.: "Центр навчальної літератури", 2004. - С. 171.

2. Патент України на винахід №110308 С2, МПК E04C 3/20, E04G 23/02, E04C 3/26, E01D 22/00, E04C 5/08. Регульовано напружена балка Чекановича / a201500113; заявл. 06.10.2015; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 73. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану»

4. Чеканович, М. Г. Заявка на винахід № a202604236, МК11 E04 «Саморегульовано-підсилена балка Чекановича», УКРПАТЕНТ.

5. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкції. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 199-204. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24

6. Prestressed concrete structures: during-tensioning metod: monograph/ M.H Chekanovych: Kherson State Agrarian and Economic univertsity. – Odesa: Oldi+, 2026. –160 с. https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/12179

УДК 624.01

РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ РУЙНУВАНЬ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ

Чеканович М.Г.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Бойові дії на території України спричинили значні пошкодження житлових, громадських і промислових будівель та споруд критично важливої інфраструктури [1, 2]. Унаслідок обстрілів, ударів дронів, ракетних атак багато конструкцій зазнали часткових або повних руйнувань, що вплинуло на безпеку населення, роботу рятувальних служб і можливості подальшої експлуатації споруд. У таких умовах зростає потреба в оперативному та об'єктивному аналізі стану будівель та споруд, визначенні характеру отриманих ушкоджень і застосуванні ефективних методів їх розрахунку, відновлення, адаптованих до роботи в зоні підвищеної небезпеки [3-6].

Основна частина. Під час обстеження конструкцій мостової споруди через річку Дніпро, яка зазнала пошкоджень внаслідок обстрілів, утворилися наскрізні отвори площею до 6 м² та тріщини у конструкціях.

Для розрахунку зусиль та переміщень в балках прогонових будов споруди (рис. 1) з врахуванням пошкоджень було використано метод скінчених елементів. Матеріал основних несучих елементів споруди були виконані за результатами обстеження з бетону класу С25/30.

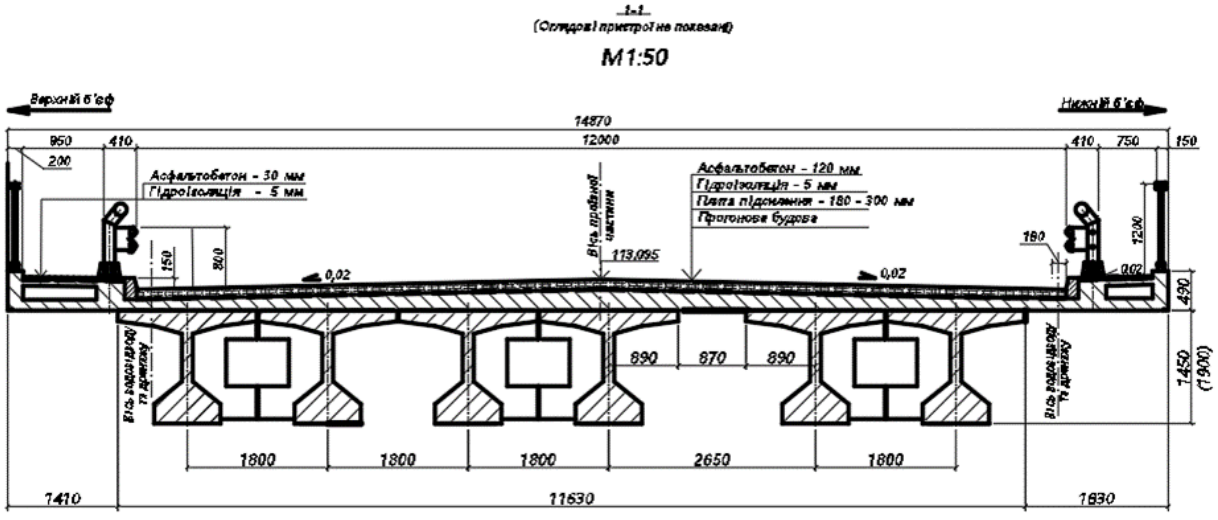


Рис. 1. Геометричні розміри в перерізі основних елементів конструкції прогонової будови споруди

Розрахункова схема була складена в програмному комплексі ЛІРА-САПР. Для моделювання несучих конструкцій споруди використано стержневі та пластинчаті елементи балочного та плитного типу.

Вигляд 3D моделі споруди наведено на рисунку 2. Прогонові будови моста розраховувалися на постійні, тимчасові навантаження АК15, НК-100, Н-30, Н-40 та натовп на тротуарі.

Навантаження та впливи прийнято згідно ДБН В.1.2-15:2009, ДСТУ 91816:2022.

Ізополя переміщень прогонових будов представлено на рисунку 3. Епюри згинальних моментів в елементах прогонових будов від розрахункових навантажень показано на рисунку 4. Розрахункова схема перерізу балки з руйнуваннями плитної частини складена за результатами попередньо виконаного технічного обстеження (рис. 5).

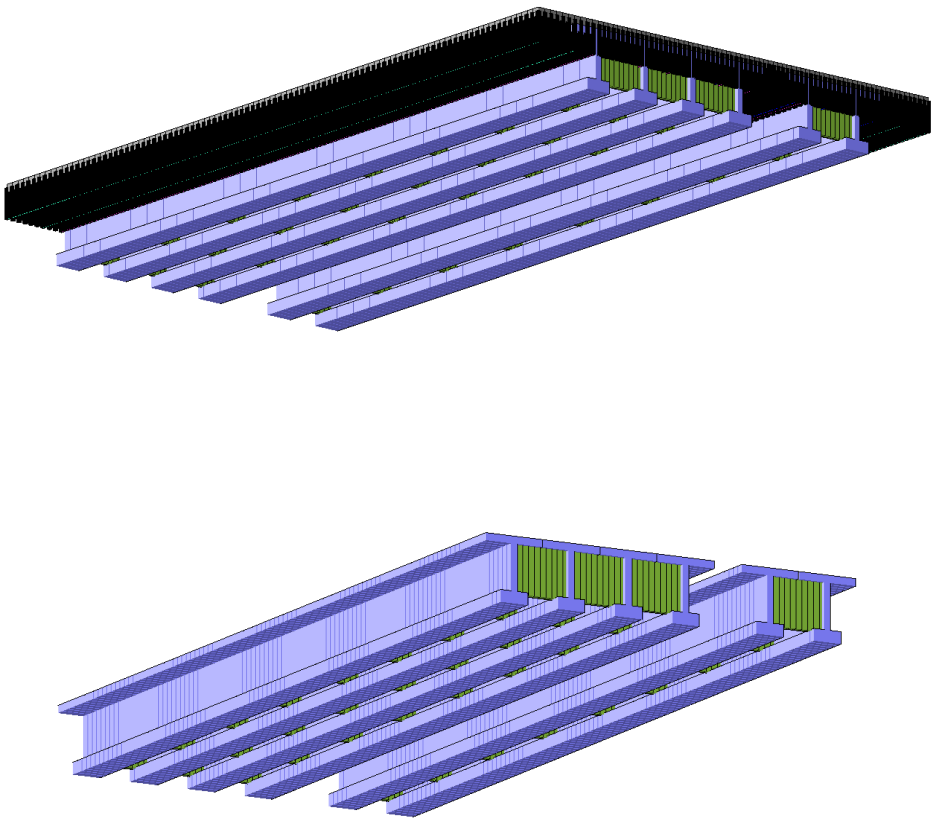


Рис. 2. Візуалізація фрагментів 3D моделі спруди в ПК Ліра Сапр

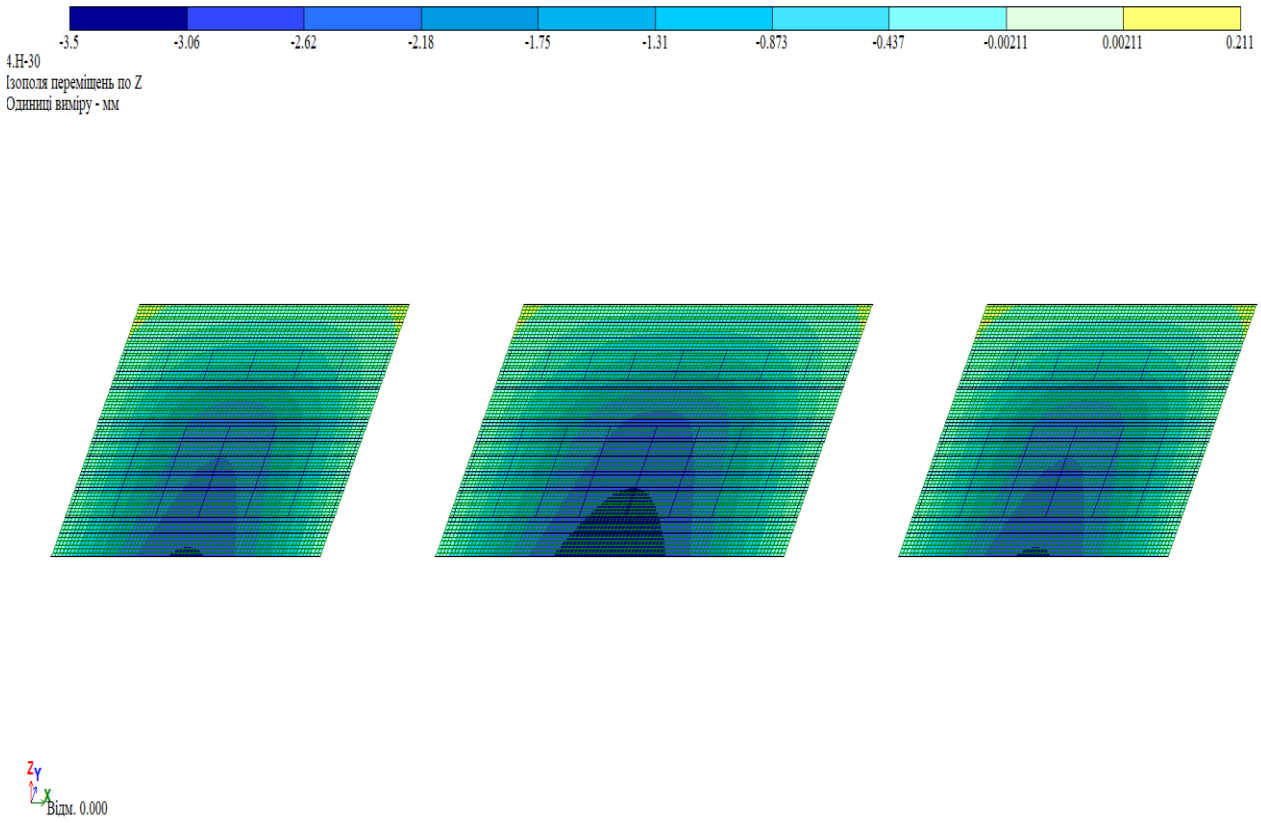


Рис. 3. Ізополя переміщень по осі Z балок прогонової будови від тимчасового навантаження Н-30

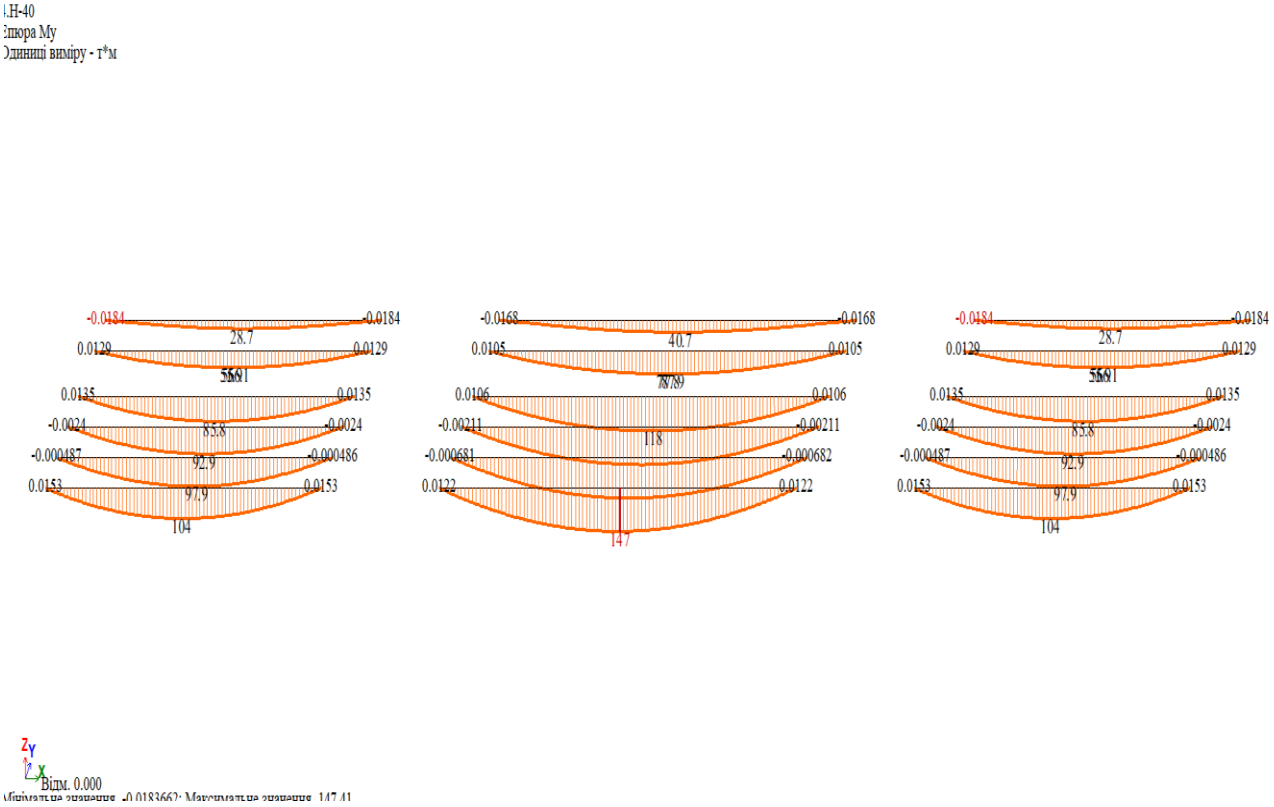


Рис. 4. Епюри My в балках прогонових будов від навантаження Н-40

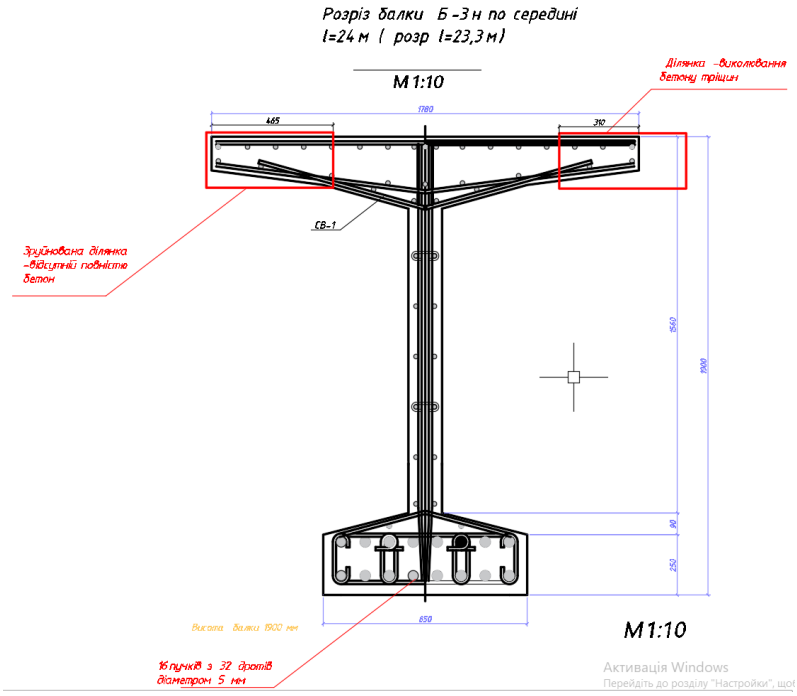


Рис. 5. Схема руйнувань балки

Висновок. Після проведення розрахунків балок прогонової будови мосту встановлено, що дана споруда, незважаючи на пошкодження, здатна пропускати транспортні засоби, що відповідають проектному навантаженню АК15, НК100.

Вантажопідйомність прогонової будови у вигляді допустимої загальної маси транспортного засобу в колоні має значення не менше 46 тон; максимальне навантаження на вісь – 15 тон; маса одиночного великовагового транспортного засобу становить 100 тон.

Список використаних джерел

1. The World Bank, European Commission, United Nations. Ukraine: Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA1–RDNA3). Kyiv, 2022–2023. URL: https://www.worldbank.org/en/country/ukraine/publication/rdna

2. Kyiv School of Economics (KSE). Damage Assessment Report: Destruction and Losses in Ukraine’s Infrastructure. Kyiv, 2023. URL: https://kse.ua/damages

3. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану»

4. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування.

5. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкції. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 199-204. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24

6. Prestressed concrete structures: during-tensioning metod: monograph/ M.H Chekanovych: Kherson State Agrarian and Economic univertsity. – Odesa: Oldi+, 2026. –160 с. https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/12179

УДК 624.01

ВАЖІЛЬНО-СТРИЖНЕВА СИСТЕМА ПІДСИЛЕННЯ

Чеканович О.М., Чеканович М.Г.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Проблема забезпечення надійної і безпечної експлуатації будівель і споруд, відновлення їх після пошкодження від вибухів є актуальною для будівельного комплексу України [1]. На сьогодні через військові дії недостатнє фінансування утримання будівель і споруд якісні показники будівельних конструкцій значною мірою знижуються. Багато об'єктів потребують реконструкції та ремонту або повної заміни існуючих конструкцій на якісно нові, більш ефективні, до яких відносяться залізобетонні конструкції.

Відомо достатньо багато ефективних методів підвищення міцності згинальних елементів [2, 3], серед яких перспективним напрямком є застосування додаткового зовнішнього підсилення у вигляді сталевих затяжок [3]. Традиційно, затяжки застосовують трьох типів: горизонтальні, шпренгельні та комбіновані. Підвищення міцності балок із затяжками здійснюється за рахунок зусилля поздовжнього обтиску та дії додаткових умовних (податливих) опор у прольоті.

При застосуванні затяжок у конструкціях для підсилення неможливо здійснити в повній мірі раціональний перерозподіл зусиль між нижньою розтягнутою та верхньою стисненою гранями згинального елементу відповідно до величини зовнішнього навантаження. Відсутні дослідження, які розглядають штучне зниження зусиль стиску у верхній зоні балкової конструкції під навантаженням з одночасним зменшенням зусиль розтягу у нижній зоні згинального елементу у певній пропорції [3].

Основна частина. Метою роботи є створення нової ефективної системи підсилення для однопрольотної залізобетонної балки прямокутного перерізу, що дозволяє значно підвищити її міцність та жорсткість, раціонально використовуючи властивості міцності бетону та сталі.

Авторами пропонується виконати підсилення залізобетонної балки затяжкою в нижній розтягнутій та розтяжками у верхній стисненій зоні балки [4]. Загальний вигляд такої конструкції підсилення наведений на рис 1.

В результаті деформацій балки під навантаженням траверса відхиляє арматуру затяжки донизу на величину максимального центрального прогину балки одразу в двох точках контакту. Відбувається значне видовження арматури. На торцях балки, в місцях розташування котків, виникає розпір, що створює повздовжній обтиск балки. Обернено пропорційно до величин плечей важелів в арматурі розтяжок і затяжки виникають зусилля розтягу, що призводить до розвантаження верхньої стиснутої фібри балки з одночасним обтиском її нижньої розтягнутої зони. При знятті зовнішнього навантаження напруження від дії важільно-стрижневої системи (ВСС) практично зникає.

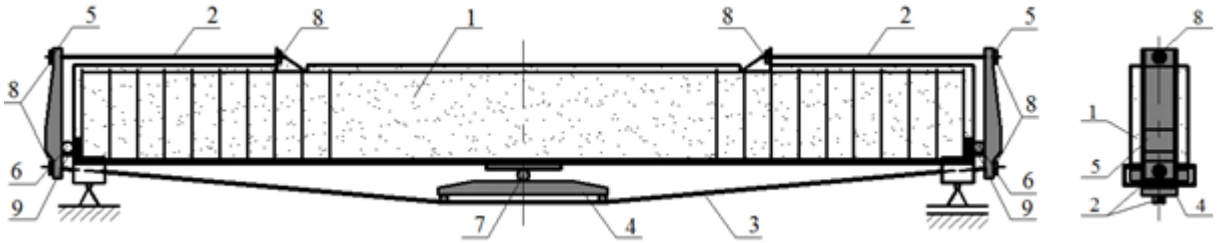


Рис.1. Загальний вигляд залізобетонної балки, підсиленої важільно-стрижневою системою, збоку та з торця
1 - залізобетонна балка; 2 – розтяжки; 3 – затяжка; 4 – траверса; 5 – двоплечові важелі; 6, 7 – котки; 8 – комплект кріплень зі сферичними шайбами; 9 – упор

Запропонована конструкція підсилення з інтенсивним натягом арматури затяжки та розтяжок під дією зовнішнього навантаження дозволяє перерозподіляти зусилля в балці, підвищувати несучу здатність, тріщиностійкість та зменшувати прогин. Особливістю ВСС є те, що немає необхідності її значного попереднього напруження, достатньо, аби конструкція підсилення включилася в роботу з початку навантаження згинального елемента.

В рамках даного дослідження виконаний числовий експеримент [5, 6], метою якого було визначення міцності залізобетонної балки, підсиленої важільно-стрижневою системою при різних співвідношеннях розмірів складових елементів конструкції підсилення. Була прийнята однопрогонова шарнірно обперта залізобетонна балка з розмірами прямокутного перерізу 140х70 мм та довжиною 1500 мм. Загальна кількість зразків балок в числовому експерименті склала 30. Попередньо розглядалися декілька варіантів довжини горизонтальної траверси і положення її по вертикалі. Виходячи з того, що значна довжина траверси потребує невиправданих витрат сталі для забезпечення її жорсткості, а віднесення її положення вниз збільшує її робочу висоту, дійшли висновку, що раціональним буде прийняти відстань між котками траверси в експерименті - 300 мм, а віднесення їх відносно нижньої грані балки – 88 мм. Процент армування залізобетонних балок був прийнятий 2,61%. В розрахунку варіювалися такі параметри:

1) місце прикладання зусиль розтягу на верхній грані балки;
2) рівень передачі зусилля обтиску на торці балки.

Для визначення вихідних параметрів - несучої здатності підсилених залізобетонних балок для вибраних факторів було задано непарне число рівнів, що дорівнювали п’яти.

Місце прикладання зусиль розтягу до верхньої грані балки представлено відносною розрахунковою довжиною розтяжки k: 0; 0,066 L_0; 0,133 L_0; 0,199 L_0; 0,266 L_0; 0,398 L_0 – додаткове значення довжини розтяжки.

Рівень передачі зусилля обтиску, заданий положенням котку на торці балки відносно її нижньої грані, b: 0,107H; 0,205H; 0,304H; 0,402H; 0,5H.

Для розрахунків була розроблена спеціальна програма, що базувалася на умовах рівноваги (1, 2) одночасно всіх 27 перерізів за довжиною підсиленої залізобетонної балки.

$$N(U) - N(N_{1x}) - B \cdot \left[\frac{f_{prism}}{\chi} \cdot \sum_{k=1}^{5} \frac{a_k}{k+1} \cdot \frac{{\varepsilon_1}^{k+1} - {\varepsilon_2}^{k+1}}{{\varepsilon_{cf}}^{k}} + \psi_{ct} \cdot f_{ct} \cdot h_t\right] + \sum_{i=1}^{m} \sigma_{Si} \cdot A_{Si} = 0 \quad (1)$$

$$M(F) + M(q) + M(C) + M(U) + M(G) + M(N_{1x}) + M\left(N_{1y}\right) - B \cdot \left[\frac{f_{prism}}{\chi^2} \cdot \sum_{k=1}^{5} \frac{a_k}{k+2} \cdot \frac{{\varepsilon_1}^{k+2} - {\varepsilon_2}^{k+2}}{{\varepsilon_{cf}}^{k}} + \psi_{ct} \cdot f_{ct} \cdot \frac{h_t^2}{2}\right] + \sum_{i=1}^{m} \sigma_{Si} \cdot A_{Si} \cdot d_{Si} = 0, \quad (2)$$

де $N(U), N(N_{1x})$ - поздовжні сили від розпору на торці балки і від горизонтальної складової зусилля в розтяжці; $M(F)$, $M(q)$, $M(C)$, $M(U)$, $M(G)$, $M(N_{1x})$, $M\left(N_{1y}\right)$ – моменти відповідно: від зовнішнього зосередженого навантаження; від власної ваги підсиленої балки; від вертикальної дії зусилля розвантаження затяжки, прикладеного до нижньої грані балки посередині прольоту; від розпору на торці балки; від вертикальної реакції в шарнірі; від горизонтальної та вертикальної складових зусилля в розтяжці.

У розробленій методиці і програмі розрахунку були враховані такі передумови: за розрахунковий прийнято переріз, деформації в якому рівні середнім за довжиною умовного блока; розподіл по висоті перерізу середніх деформацій бетону лінійний; напруження в бетоні залежать нелінійно від деформацій і можуть визначатись поліномом п’ятого степеня; залежність між напруженнями та деформаціями арматурної сталі каркасу та зовнішньої арматури конструкції підсилення приймається у вигляді окремих лінійних ділянок діаграми, параметри якої отримують експериментальним шляхом; дія системи підсилення на балку умовно представляється зовнішніми додатковими силами реакції, значення яких залежать від величин переміщень балки в місцях їх взаємодії. Таким чином, враховується деформована схема балки на кожному ступені навантаження.

Результати числового експерименту представлені в табл. 1. В таблиці т несуча здатність кожної комбінації представлена у вигляді приведеного зовнішнього моменту - m_p:

$$m_p = \frac{M_p}{B \cdot H^2} \quad (3)$$

Таблиця 1. Міцність сталезалізобетонних балок, підсилених важільно-стрижневою системою

№ з/п	Процент армування,, μ,%	Розрахункова відносна довжина розтяжки, k/L_0	Приведений зовнішній момент, m_p (МПа)				
			Відносне положення котку на торці балки, b/H				
			0,107	0,205	0,304	0,402	0,5
1	2,61	0	7,700	7,673	7,598	7,479	7,370
2		0,066	7,741	7,679	7,577	7,411	7,278
3		0,133	7,744	7,646	7,499	7,230	7,026
4		0,199	7,744	7,628	7,414	7,047	6,846
5		0,266	7,727	7,584	7,309	6,829	7,370
6		0,398	7,142	6,625	6,057	5,448	7,278

Висновки. Запропонована нова важільно-стрижнева конструкція підсилення залізобетонної балки [4]. Проведено числовий експеримент на 30 залізобетонних балках, підсилених запропонованою важільно-стрижневою системою з різними комбінаціями параметрів конструкції підсилення: довжиною розтяжки, місцем прикладання поздовжнього зусилля обтиску на торці балки. Встановлено розрахунком, що ефект підвищення міцності залізобетонної балки, підсиленої важільно-стрижневою системою – 1,82 рази, спостерігається при максимально близькому до нижньої грані розташуванні котку на торці балки - b=0,107H і при розрахунковій довжині розтяжки k=0,199L_o. При цьому, зміна значень несучої здатності в межах довжин розтяжки k від 0 до 0,199L_o - незначна (до 0,57%), тому цей діапазон фактору k можна вважати ефективним.

Список використаних джерел

1. Семко О.В. Керування ризиками при проектуванні та експлуатації сталезалізобетонних конструкцій [Текст]: монографія/ О.В. Семко, О.П. Воскобійник. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – С. 7-104.

2. Пичугин С.Ф. Современные проблемы проектирования стальних несущих конструкций в промышленном и гражданском строительстве [Текст]/ С.Ф. Пичугин, А.В. Семко, Г.Н. Трусов// Сучасне промислове та цивільне будівництво – Макіївка: ДонНАСА, 2005. – Том 1, №1. - С. 53-66.

3. Клименко Ф.Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием [Текст]/ Ф.Е. Клименко. – К.: Будівельник,1984. – 88 с.

4. Пат. 87047 Україна, МПК E04C 3/00. Регульованообтиснена залізобетонна балка/ Чеканович О.М.; заявник і патентовласник: Чеканович О.М. - №а 200710856; заявл. 10.04.2009; опубл. 10.06.2009, Бюл.№11.

5. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкції. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 199-204. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24

6. Prestressed concrete structures: during-tensioning metod: monograph/ M.H Chekanovych: Kherson State Agrarian and Economic univertsity. – Odesa: Oldi+, 2026. –160 с. https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/12179

УДК 624.072.2

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ З ОДНОБІЧНОЮ КОНСОЛЛЮ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Вешневецька О. В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Розрахунок сталевих конструкцій і приклади їх проєктування досліджували у своїх працях М. Г. Чеканович та О. Є. Яніна [1]. М. Г. Чеканович також у своїх дослідженнях зіставив два способи визначення напружень і деформацій у перерізі балки [2]. У цій роботі аналітичний розв'язок використано для перевірки скінченно-елементної моделі. Для балки з однобічною консоллю важливо розрізняти дію навантажень у прольоті та на консолі, оскільки вони можуть спричиняти переміщення вільного кінця в протилежних напрямах.

Мета роботи – визначити вплив відносної довжини консолі на нормальні напруження від згину над суміжною опорою та вертикальне переміщення вільного кінця балки за заданої схеми навантаження.

Результати дослідження. Розглянуто сталеву двотаврову балку постійного перерізу з шарнірно-нерухомою опорою A та шарнірно-рухомою опорою B. Відстань між опорами L = 4 м. Довжину консолі BC змінювали від 1 до 2 м. Для модельного перерізу прийнято модуль пружності E = 210 ГПа, момент інерції $I = 10^{-4}$ м⁴ і пружний момент опору $W = 5 \cdot 10^{-4}$ м³. На проліт AB прикладено рівномірно розподілене навантаження q = 4 кН/м, на вільний кінець C - силу P = 10 кН. Навантаження спрямовані вниз. Власну вагу балки окремо не враховано (рис. 1).

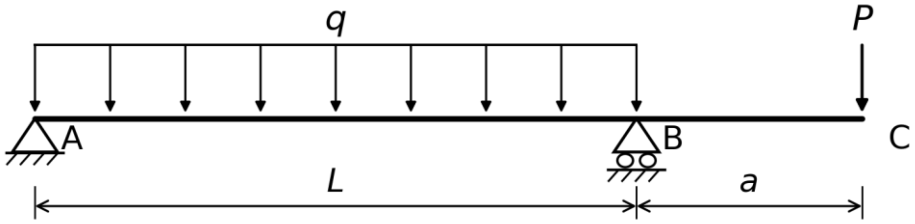


Рис. 1. Розрахункова схема балки з однобічною консоллю

Числовий розрахунок виконано методом скінченних елементів для лінійно-пружної балки Ейлера - Бернуллі [3]. Кожний вузол мав два ступені вільності — вертикальне переміщення та кут повороту. У вузлах A і B обмежено вертикальні переміщення. Розподілене навантаження перетворено на узгоджені вузлові сили й моменти. Для перевірки зіставлено моделі з 2, 4 і 16 елементами. У кожній моделі вузли збігалися з опорами та вільним кінцем балки.

Аналітичне значення згинального моменту над опорою B визначено з рівноваги консольної ділянки, а переміщення кінця C - методом одиничної сили [4]. За додатного напряму переміщення вниз маємо

$$M_B = -Pa,\ |\sigma_B| = \frac{Pa}{W}, \tag{1}$$

$$v_C = \frac{Pa^2(L+a)}{3EI} - \frac{qL^3 a}{24EI}. \tag{2}$$

Тут a — довжина консолі, σ — нормальне напруження у крайніх волокнах перерізу. У виразі (2) перший доданок відповідає дії сили P. Другий описує дію навантаження q у прольоті. Аналітичні та числові значення моменту над опорою B і переміщення вільного кінця C збіглися з точністю округлення (табл. 1).

Таблиця 1. Результати розрахунку для різної довжини консолі

a, м	a/L	M_B, кН·м	$\|\sigma_B\|$, МПа	v_C аналіт., мм	v_C МСЕ, мм
1,0	0,250	−10,0	20,0	0,286	0,286
1,5	0,375	−15,0	30,0	1,202	1,202
2,0	0,500	−20,0	40,0	2,794	2,794

За розглянутої схеми навантаження подвоєння довжини консолі подвоїло модуль згинального моменту над опорою B. Переміщення вільного кінця зросло приблизно у 9,8 раза. Таке співвідношення для вибраних довжин пояснюється частковою компенсацією переміщення від сили P дією навантаження q, особливо за довжини консолі 1 м.

Висновки. Для балки з прольотом 4 м за збільшення довжини консолі від 1 до 2 м модуль нормального напруження над опорою зріс від 20 до 40 МПа, а переміщення вільного кінця вниз — від 0,286 до 2,794 мм. Збіг із аналітичним розв’язком підтвердив коректність визначення цих показників у межах прийнятої плоскої лінійно-пружної моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чеканович М. Г., Янін О. Є. Розрахунок будівельних конструкцій : навч. посіб. Херсон : Вид-во ХДУ, 2019. 158 с.
2. Чеканович М. Г. Альтернативний розрахунок будівельних конструкцій на основі обертального моменту. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2023. Вип. 6. С. 261–268. DOI 10.32782/tnv-tech.2023.6.29
3. Gavin H. P. Structural Element Stiffness, Mass, and Damping Matrices. Duke University, 2021. URL: https://people.duke.edu/~hpgavin/StructuralDynamics/StructuralElements.pdf
4. Udoeyo F. F. Deflections of Structures — Work-Energy Methods. Structural Analysis. Engineering LibreTexts. URL: https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Civil_Engineering/Structural_Analysis_(Udoeyo)/01:_Chapters/1.08:_Deflections_of_Structures-_Work-Energy_Methods

УДК 624.016:624.012.35

КОНСТРУКЦІЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТІЙОК ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ДВОВІСНИЙ СТИСК

Гасенко А.В., Вахненко Г.В.
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Вступ. Основною метою під час пошуку нових сполучень сталі та бетону є підвищення несучої здатності утворених композитних будівельних конструкцій з одночасним зменшенням їхньої ваги та затрат на їх виготовлення і експлуатацію. До таких конструкцій належить сталезалізобетон, до складу якого входять прокатні профілі, арматура та бетон. Сталезалізобетонні конструкції отримали розповсюдження в усьому світі. Вони порівняно із залізобетонними більш індустріальні при виготовленні і монтажі, мають меншу вагу і зручніші при транспортуванні, дуже часто можна обійтися без улаштування опалубки і закладних деталей.

Метою роботи є опис методики експериментальних досліджень коротких сталезалізобетонних стійок при двовісному (несиметричному) їх стисканні.

Основна частина. Методика експериментальних досліджень коротких сталезалізобетонних стійок спрямована на вивчення їхньої поведінки при двовісному (асиметричному) стиску з урахуванням того, що підвищення несучої здатності композитних конструкцій при одночасному зменшенні їхньої ваги та витрат є важливою інженерною задачею [1]. Для експерименту розроблено та обґрунтовано геометричні параметри і конструкцію дослідних зразків із розмірами поперечного перерізу 100×100 мм та висотою 600 мм, при цьому проєктний клас бетону становить С20/25. Усього заплановано до виготовлення п'ять серій зразків загальною кількістю 20 штук, які відрізняються типом жорсткого сталевого армування та схемами анкерування бетону (див. рис. 1). Жорстким сталевим армуванням слугує або прокатарний двотавр №10 (для серій Д1-1, Д1-2, Д1-3), або зовнішня сталева наскрізна конструкцій з чотирьох прокатарних кутиків 30×3 мм по кутах з'єднаних пластинами на електролюзварці (для серій К1-1 і К1-2). Зразки серії Д1 відрізняються схемами анкерування бетону обмонолічування для двотавра: у серії Д1-1 використовуються стрижневі анкери діаметром 10 мм і довжиною 45 мм з кроком 100 мм, приварені до стінки двотавра; у серії Д1-2 — петлеві S-подібні анкери діаметром 4 мм і довжиною 120 мм, приварені до полиці двотавра з кроком 100 мм; у серії Д1-3 — гнуті С-подібні анкери діаметром 4 мм і довжиною 120 мм, приварені до полиць двотавра з кроком 100 мм. Для кожної серії передбачено виготовлення чотирьох однакових зразків-близнюків для забезпечення достовірності результатів. Сталеві частини зразків проходять етапи виготовлення, встановлення в сталеву опалубку, бетонування з ущільненням бетонної суміші за допомогою експериментального вібратора та розопалублювання.

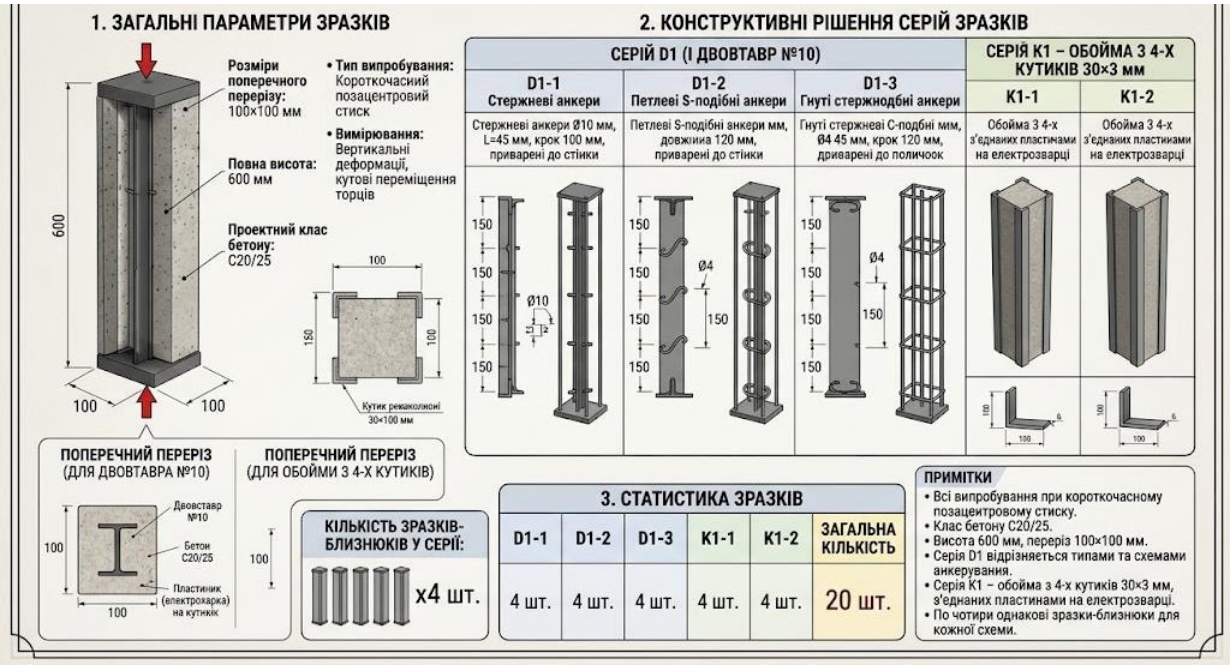


Рис. 1. Схема конструкції дослідних сталезалізобетонних коротких стійок для випробування на двовісний стиску

Фізико-механічні властивості використаних матеріалів визначаються за стандартними методами перед випробуванням основних конструкцій, включаючи контроль кубикової міцності бетону на контрольних кубах 100×100×100 мм та випробування сталевих смуг на розтяг для визначення межі плинності, тимчасового опору і відносного видовження. Випробування проводяться на гідравлічному пресі з максимальною силою, що становить попередньо більше від руйнівного навантаження в 1,4 рази. Двовісний ексцентриситет навантаження задається через спеціальні шарнірно-кульові опори, які забезпечують вільне повернення торців зразків у двох взаємно перпендикулярних площинах шляхом зміщення точки прикладання сили відносно головних осей перерізу. Вимірювальна апаратура включає електротензорезистори з базою 20 мм для вимірювання поздовжніх і поперечних деформацій на зовнішніх відкритих гранях сталевого профілю та базою 50 мм на бетонній поверхні, а також силові датчики для фіксації величини навантаження в реальному часі з автоматичною синхронізацією даних. Основні ступені навантаження прикладаються етапами по 0,1 від руйнівного навантаження з витримкою на кожному етапі протягом 10-15 хвилин для стабілізації деформацій і фіксації покажчиків приладів. Поблизу граничного стану швидкість навантаження зменшується для детальної фіксації максимальної несучої здатності та характеру руйнування, таких як випучування сталевого профілю та роздроблення бетону стиснутої зони.

Список використаних джерел

1. Воскобійник О.П., Гасенко А.В., Пархоменко І.О. (2013). Експериментальні дослідження трубобетонних елементів з локальними пошкодженнями труби-оболонки. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. Рівне : НУВГтаП, 25*, 688 – 695.

УДК 624.07

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЗАЦЕНТРОВО СТИСНУТИХ СТАЛЕВИХ КОЛОН

Межейніков С.С.

Вступ. Розглянуто сучасні підходи до оптимізації поперечних перерізів [1. 2] сталевих позацентрово стиснутих колон двотаврового перерізу за критерієм мінімальної витрати сталі. Проаналізовано особливості формування оптимального перерізу з урахуванням одночасної дії поздовжньої сили та згинального моменту, загальної та місцевої стійкості. Наведено результати сучасних досліджень 2025–2026 років, у яких застосовуються експериментальні дослідження, метод скінченних елементів, метод прямої міцності та оптимізаційні алгоритми. Запропоновано напрям удосконалення традиційного підходу до підбору зварного двотаврового перерізу шляхом переходу від мінімізації площі сталі до мінімізації маси конструкції при одночасному виконанні комплексу нормативних обмежень. Обґрунтовано перспективність оптимізації геометричних параметрів полиць і стінки та можливість подальшого переходу до змінного по довжині перерізу.

Основна частина

Постановка проблеми. Сталеві колони будівель і споруд часто працюють у складному напружено-деформованому стані, що виникає внаслідок одночасної дії поздовжньої стискальної сили та згинального моменту. Такий режим характерний для колон каркасів промислових і цивільних будівель, у яких поздовжня сила може прикладатися з ексцентриситетом, а також для елементів, що сприймають додаткові моменти від вітрових, кранових, сейсмічних та інших впливів.

Традиційний підхід до проектування сталевих колон полягає у виборі стандартного прокатного профілю або компонуванні зварного двотавра, який задовольняє встановлені умови міцності та стійкості. При цьому вибирається, як правило, найближчий більший стандартний переріз. Такий підхід забезпечує необхідну надійність конструкції, однак не завжди приводить до мінімальної витрати сталі.

Особливо значні резерви економії можуть існувати у випадку зварних двотаврових колон, для яких геометричні параметри перерізу можуть підбиратися безпосередньо в процесі проектування. Змінюючи висоту та товщину стінки, ширину і товщину полиць, можна отримати значну кількість варіантів перерізу з однаковою або близькою несучою здатністю, але різною масою.

Українськими дослідниками М. Г. Чекановичем та О. Є. Яніним була запропонована методика оптимізації позацентрово стиснутих суцільних

сталевих колон у вигляді зварного симетричного двотавра за критерієм мінімізації витрат сталі. У цій роботі оптимальними змінними параметрами приймалися ширина та товщина полиць, тоді як параметри стінки вважалися заданими. Умовами оптимізації були забезпечення загальної та місцевої стійкості при виконанні вимог будівельних норм [3].

Значний науковий інтерес викликає дослідження несучої здатності позацентрово стиснутих двотаврових елементів, виготовлених із високоміцної сталі. У роботі C. Ma та співавторів, опублікованій у Thin-Walled Structures у 2026 році, досліджено поведінку складених двотаврових елементів із сталі S700 при ексцентричному стиску [4-6]. Проведено 22 експериментальні випробування коротких і довгих балок-колон, після чого розроблено та верифіковано скінченно-елементні моделі для параметричного дослідження.

Розвиток сучасних обчислювальних методів дозволяє істотно розширити зазначений підходи.

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є обґрунтування сучасного підходу до оптимізації зварних сталевих колон двотаврового перерізу, що працюють при позацентровому стиску, за критерієм мінімальної витрати сталі з одночасним забезпеченням нормативної міцності, загальної та місцевої стійкості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Сформувати математичну модель оптимізації геометричних параметрів двотаврового перерізу;
2. Встановити основні обмеження, що визначають допустиму область проектних рішень;
3. Врахувати взаємодію поздовжньої сили та згинального моменту;
4. Дослідити вплив місцевої стійкості полиць і стінки на можливість зменшення витрати сталі;
5. Оцінити можливість застосування сучасних чисельних методів для пошуку оптимального рішення;
6. Визначити перспективи застосування високоміцних сталей та змінних по довжині перерізів.

Математична постановка задачі оптимізації. Розрахунок позацентрово стиснутої суцільної колони виконано із застосуванням програмного середовища Mathcad. Геометричні параметри поперечного перерізу колони наведено на рисунку 1.

Розрахунки проводимо відповідно до ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування [5. 6].

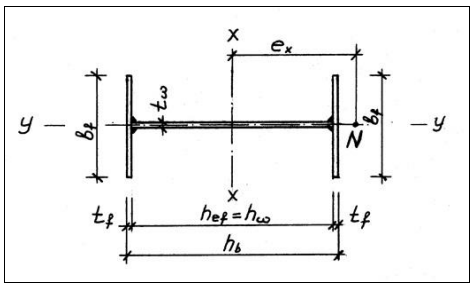


Рис. 1. Поперечний переріз колони

Підбір розмірів перерізу вирішується методом послідовних наближень [4]. В умові загальної стійкості у площині дії згинального моменту від розмірів перерізу залежать площа A і коефіцієнт φ_e. Задавшись приблизно φ_e, з цієї умови знаходимо:

$$A = N / (\varphi_e \times R_y \times \gamma_c)$$

де N – розрахункова повздовжня сила

φ_e – коефіцієнт зниження розрахункового опору сталі Ry при позацентровому стиску (коефіцієнт стійкості при позацентровому стиску);

γ_c – коефіцієнт умов роботи;

A – площа поперечного перерізу.

Розв’язання задачі таким способом може потребувати значних затрат часу та обчислювальних ресурсів, що зумовлює доцільність застосування спеціалізованого програмного забезпечення.

Застосувавши програму MathCAD із вихідних даних ми отримуємо область значень відповідно до яких будуємо графіки залежностей несучої здатності колони від геометричних параметрів перерізу рисунку 2.

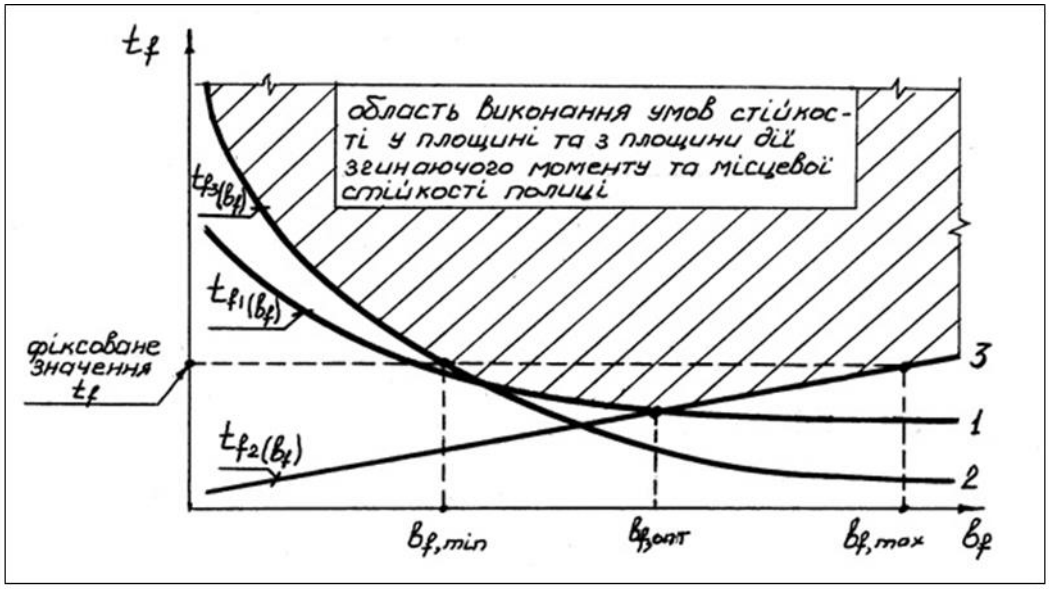


Рис. 1. Графіки залежностей несучої здатності колони

Наукова новизна та практичне значення

Перспективним напрямом розвитку існуючих методик є формування комплексної оптимізаційної моделі, яка одночасно враховує:

- поздовжню силу та ексцентриситет її прикладання;
- згинальний момент;
- загальну стійкість відносно обох головних осей;
- місцеву стійкість полиць і стінки;
- клас сталі;
- технологічні обмеження виготовлення зварного двотавра;
- мінімальну масу конструкції.

На відміну від простого підбору стандартного профілю, така модель дозволяє визначати не один «достатній» переріз, а оптимальне співвідношення геометричних параметрів, при якому несуча здатність використовується найбільш повно.

Для практичного проектування це може означати зменшення маси сталевих конструкцій, скорочення витрат на виготовлення та монтаж, а також зменшення матеріаломісткості будівель.

Висновок. Таким чином, сучасна оптимізація сталевої позацентрово стиснутої колони повинна розглядатися не як вибір найближчого стандартного профілю, а як задача пошуку мінімально матеріаломісткої конструкції, що забезпечує необхідну міцність, стійкість, надійність та технологічність.

Використана література

1. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкції. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (5), 199-204. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24

2. Prestressed concrete structures: during-tensioning metod: monograph/ M.H Chekanovych: Kherson State Agrarian and Economic univertsity. – Odesa: Oldi+, 2026. –160 c. https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/12179

3. Чеканович М. Г., Янін О. Є. Оптимізація підбору позацентрово-стиснутих суцільних сталевих колон за критерієм мінімізації витрат сталі з використанням комп’ютерної програми. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2021. № 1. С. 67–74. DOI: 10.32851/tnv-tech.2021.1.10.

4. В.І. Мамчук. Числові методи: навч. посібник. - К. : НАУ, 2015. -388с.

5. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Київ: Мінрегіон України, 2014. Зі Зміною № 1.

6. Ma C., Wang Y., Su A., Zhao O. Experimental and numerical investigations of S700 high strength cold-formed steel built-up I-section short and long beam-columns. Thin-Walled Structures. 2026. Vol. 221. Article 114460. DOI: 10.1016/j.tws.2025.114460.

УДК 624.21/.8: 620.19:69.059

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ СТАНІВ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Семко О.В., Міщенко Р.Р.
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Вступ. Транспортні споруди на автомобільних дорогах є важливим елементом транспортної інфраструктури України, надійність яких безпосередньо впливає на безпеку та безперервність транспортного сполучення. Значна частина таких споруд експлуатується протягом тривалого часу, упродовж якого відбувається поступове накопичення пошкоджень, погіршення властивостей матеріалів і зміна характеристик роботи несучих конструкцій. Додатковим чинником зниження експлуатаційного стану є вплив позапроєктних навантажень, зокрема перевищення нормативних вагових параметрів транспортних засобів, збільшення інтенсивності руху та інші впливи, не передбачені початковими проєктними рішеннями.

Особливої актуальності ця проблема набуває за умов обмежених видатків на капітальний ремонт чи нове будівництво під час дії воєнного стану. За таких обставин зростає значення своєчасного і правильного визначення експлуатаційного стану несучих конструкцій, врахування впливу накопичених дефектів і позапроєктних навантажень на їхню працездатність та обґрунтування першочергових заходів для забезпечення безпечної експлуатації.

Метою роботи є здійснення огляду і порівняльного аналізу основних підходів до визначення експлуатаційного стану несучих конструкцій транспортних споруд, визначити їхні переваги, недоліки, обмеження та перспективи застосування для підвищення достовірності їх оцінювання.

Основна частина. Актуальність визначення експлуатаційного стану транспортних споруд зумовлена тривалим терміном їх використання, зростанням інтенсивності руху, впливом сучасних транспортних навантажень і поступовим накопиченням дефектів та пошкоджень несучих конструкцій. За таких умов особливого значення набуває застосування обґрунтованих підходів до оцінювання можливості подальшої безпечної експлуатації мостів, шляхопроводів та інших транспортних споруд. Вибір відповідного підходу має враховувати фактичний стан конструкцій, умови їх навантаження, результати обстежень і прогнозовані зміни експлуатаційних характеристик. З огляду на це доцільно розглянути основні підходи до визначення експлуатаційного стану несучих конструкцій транспортних споруд, їхні особливості, переваги та недоліки.

1. Класифікаційний підхід. Передбачає визначення стану конструктивних елементів за результатами обстеження, характером і ступенем пошкоджень та їхнім впливом на працездатність споруди. Відповідні методичні положення розглядаються, зокрема, у нормативних документах з оцінювання технічного

стану автодорожніх мостів [1]. Окремим напрямом є врахування фізичного та функціонального зносу, що дає змогу оцінювати не лише пошкодження конструкцій, а й відповідність їхніх фактичних характеристик експлуатаційним вимогам [2].

Переваги: відносна простота застосування; можливість систематизувати результати обстежень; наочність результатів; зручність порівняння стану окремих елементів і визначення потреби в додатковій діагностиці.

Недоліки: залежність результатів від повноти обстеження та кваліфікації фахівців; обмежена здатність виявляти приховані пошкодження; недостатність лише візуальних ознак для встановлення фактичної несучої здатності; можливість різного трактування дефектів за відсутності чітких критеріїв оцінювання.

2. Експертно-рейтинговий підхід. Ґрунтується на систематизації результатів обстежень і формуванні узагальненої оцінки стану споруд для порівняння об’єктів та визначення пріоритетності обстежень і ремонтів. Прикладом практичного застосування є програмний комплекс «Аналітична експертна система управління мостами» (АЕСУМ), що використовується для підтримки рішень щодо управління мостовими спорудами [3].

Переваги: можливість одночасно враховувати кілька критеріїв; систематизація інформації про значну кількість споруд; підтримка визначення першочергових ремонтних заходів; доцільність застосування за обмеженого фінансування та необхідності розподілу ресурсів між об’єктами.

Недоліки: залежність результатів від обраних критеріїв, їхніх вагових коефіцієнтів і якості вихідних даних; можливе спрощення індивідуальних особливостей конструкцій через використання узагальнених рейтингів; потреба в регулярному оновленні інформації; неможливість замінити розрахункову перевірку несучої здатності лише інтегральним балом.

3. Розрахунковий підхід. Передбачає визначення напружено-деформованого стану, несучої здатності та деформативності конструкцій з урахуванням фактичних характеристик матеріалів, наявних пошкоджень і реальних умов навантаження. Він особливо важливий для споруд, які тривалий час експлуатуються, зазнають підвищених або позапроєктних навантажень чи мають дефекти, що можуть впливати на роботу несучих елементів.

Переваги: можливість кількісно оцінити вплив пошкоджень на роботу конструкцій; перевірити несучу здатність і деформативність; проаналізувати різні сценарії навантаження; обґрунтувати допустимі умови експлуатації та потребу в обмеженнях руху.

Недоліки: залежність достовірності результатів від адекватності розрахункової моделі та точності вихідних параметрів; складність урахування прихованих дефектів, деградації матеріалів і реальної роботи з’єднань; потреба у спеціалізованому програмному забезпеченні та кваліфікованих фахівцях; значні витрати часу на збирання й перевірку даних. Розрахункові результати необхідно зіставляти з фактичними характеристиками споруди та, за потреби, з

результатами випробувань.

4. Імовірнісно-прогностичний підхід. Спрямований на оцінювання зміни технічного стану конструкцій у часі та прогнозування ймовірності переходу між різними станами. Наприклад, А. Лантух-Лященко розглядав стохастичне оцінювання технічного стану мостів із використанням марковських моделей [4]. Цей підхід дає змогу перейти від оцінки поточного стану до прогнозування його подальшої зміни.

Переваги: можливість оцінювати тенденції деградації конструкцій; прогнозувати ймовірність погіршення стану; підтримувати довгострокове планування обстежень і ремонтів; порівнювати сценарії експлуатації за різних умов навантаження та утримання.

Недоліки: потреба в достатньому обсязі достовірних даних за різні періоди експлуатації; залежність результатів від прийнятих припущень і параметрів моделі; невизначеність прогнозу за зміни інтенсивності руху, кліматичних умов або режимів навантаження; ризик неточних висновків у разі використання неповних чи нерепрезентативних даних. Прогноз не замінює поточного обстеження та перевірки безпеки споруди.

5. Моніторинговий підхід. Передбачає систематичне спостереження за зміною параметрів роботи конструкцій за допомогою інструментальних вимірювань і, за потреби, автоматизованих систем. Залежно від особливостей споруди контролюють переміщення, прогини, деформації, коливання та інші діагностичні характеристики.

Переваги: можливість виявляти зміни стану в часі; отримання об’єктивних даних про фактичну поведінку конструкцій; виявлення тенденцій, які можуть бути непомітними під час одноразового огляду; можливість оперативно реагувати на критичні зміни контрольованих параметрів.

Недоліки: витрати на встановлення, калібрування та обслуговування обладнання; залежність результатів від розташування й кількості датчиків, умов вимірювання та якості обробки даних; потреба у визначенні порогових значень і коректній інтерпретації сигналів; неможливість за результатами лише моніторингу повністю встановити причини пошкоджень або визначити несучу здатність без додаткового аналізу.

Порівняння наведених методів свідчить, що кожен із них розв’язує окреме завдання оцінювання. Класифікаційний підхід забезпечує систематизацію пошкоджень, експертно-рейтинговий – визначення пріоритетності управлінських рішень, розрахунковий – кількісну перевірку роботи конструкцій, імовірнісно-прогностичний – оцінювання можливих змін стану в часі, а моніторинговий – відстеження фактичної поведінки споруди під час експлуатації.

Для транспортних споруд із тривалим строком експлуатації, що зазнають позапроєктних впливів і потребують ремонту, доцільним є комплексне застосування цих підходів. Зокрема, результати обстеження можуть використовуватися для уточнення розрахункової моделі, результати розрахунків — для визначення параметрів подальшого контролю, а дані

моніторингу — для перевірки прогнозів і своєчасного виявлення змін. Така послідовність сприяє обґрунтуванню допустимих умов експлуатації та визначенню першочергових заходів безпеки.

За відсутності можливості своєчасного проведення капітального ремонту результати комплексного оцінювання допомагають визначати пріоритетність ремонтно-відновлювальних робіт, потребу в додаткових обстеженнях і доцільність експлуатаційних обмежень. Водночас жоден із розглянутих підходів самостійно не гарантує безпечності споруди: рішення мають прийматися на основі сукупності актуальних даних, перевірених розрахунків і чинних нормативних вимог.

Висновки. Розглянуті підходи до визначення експлуатаційного стану несучих конструкцій транспортних споруд мають різні переваги й обмеження. Класифікаційний та експертно-рейтинговий методи є зручними для систематизації результатів обстежень і визначення пріоритетів, розрахунковий забезпечує кількісне оцінювання роботи конструкцій, імовірнісно-прогностичний дає змогу аналізувати можливі зміни стану в часі, а моніторинговий забезпечує спостереження за фактичною поведінкою споруди.

Найбільш обґрунтованим є комплексний підхід, що поєднує обстеження, інструментальні вимірювання, розрахункове оцінювання, прогнозування та моніторинг. Його застосування є особливо актуальним для споруд із тривалим строком експлуатації, які зазнають позапроєктних навантажень і потребують ремонту за умов обмежених ресурсів. Подальше вдосконалення методів оцінювання має бути спрямоване на підвищення достовірності визначення поточного стану, прогнозування його зміни та обґрунтування безпечних умов подальшої експлуатації.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 9181:2022. Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Київ, 2022.
2. Славінська О. С., Рутковська І. А., Усиченко О. Ю., Зеленський Б. М. Метод оцінювання фізичного та функціонального зносу при визначенні якісного стану автодорожніх мостів. Дороги і мости. 2024. Вип. 30. С. 283–297. DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.283.
3. Безуглий А. О. та ін. Визначення пріоритетності обстеження та першочерговості ремонтів транспортних споруд за допомогою програмного комплексу «Аналітична експертна система управління мостами». Дороги і мости. 2025. Вип. 31. С. 171–179. DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2025.31.171.
4. Лантух-Лященко А. І. Стохастична експертна оцінка технічного стану споруди в автоматизованій системі управління мостами. Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. 2019. № 15. DOI: https://doi.org/10.15802/bttrp2019/172377.
5. Редченко В. П., Завгородній С. С. Динамічні випробування мостів. Загальний огляд методів. Дороги і мости. Київ, 2024. Вип. 29. С. 293–306. DOI: https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.29.293.

УДК 624.012.46

ОЦІНКА ВПЛИВУ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ЦІЛЕЙ ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Сипливець О.О., Херсонський аграрно-економічний університет, будівельне підприємство ТОВ «АРТАЛЕКС»
Андрей Є.Б., Херсонський аграрно-економічний університет

Необхідність дослідження впливу навантажень на попередньо напружені залізобетонні конструкції зумовлена сучасними тенденціями у будівництві та високими вимогами до надійності споруд. Так, збільшення прольотів і зменшення матеріалоємності, врахування часових втрат напруження, зростання динамічних і кліматичних проявів, продовження терміну експлуатації та енергоресурсозбереження є тими факторами, що дозволяють врахувати вплив на попередньо напружені залізобетонні конструкції максимально повно.

Навантаження на попередньо напружені залізобетонні конструкції завжди перебувають у колі наукових досліджень теоретиків і практиків, так: Гасенко А. провів глибокий аналіз самонапруження сталезалізобетонних конструкцій [1]; Сморкалов Д. і Винокур В. узагальнили методики розрахунку монолітних залізобетонних конструкцій з попереднім напруженням арматурних канатів [2]; Чеканович М. розглядає попереднє напруження залізобетонних конструкцій за методом на бетонну суміш [3] тощо.

Сучасна архітектура та інфраструктура (великопрольотні мости, логістичні комплекси, висотні будівлі) вимагають полегшення власних конструкцій при зростанні корисних навантажень. Точний аналіз дозволяє використовувати потенціал матеріалів на межі їхніх можливостей без втрати безпеки. При цьому, слід пам’ятати, що попередньо напружений залізобетон працює як динамічна система, де напруги змінюються в часі через повзучість, усадку бетону та релаксацію сталі під дією тривалих навантажень, а помилки в оцінці цих процесів призводять до виникнення непередбачуваних тріщин або недопустимих прогинів. Підвищення інтенсивності руху транспорту, сейсмічна активність та техногенні й природні надзвичайні ситуації вимагають чіткого розуміння поведінки попередньо напружених залізобетонних елементів під дією циклічних, ударних та аварійних навантажень. Саме тому, точна оцінка реального напружено-деформованого стану дозволяє оптимізувати витрати матеріалів на етапі проєктування та ефективно оцінювати залишковий ресурс існуючих будівель і споруд.

Оцінка впливу навантажень на попередньо напружені залізобетонні конструкції є обов’язковим етапом їх проектування та експлуатації, оскільки такі елементи працюють у складній напружено-деформованій системі.

Головною метою оцінки попереднього напруження є компенсація розтягувальної напруги в бетоні шляхом створення штучного початкового

стиску за допомогою високоміцної арматури. Вплив різних типів навантажень визначає довговічність, тріщиностійкість та несучу спроможність конструкції (таблиця 1).

Таблиця 1. Класифікація навантажень та їхній вплив на попередньо напружені залізобетонні конструкції

Тип навантаження	**Приклади**	**Характер впливу на попередньо напружені залізобетонні конструкції**
Постійні	Власна вага конструкції, вага покриття, підлог, стін	Створюють постійний згинальний момент, який компенсує початкове вигинання конструкції вгору (випор від натягу арматури)
Тривалі змінні	Обладнання, перегородки, тривале снігове навантаження, тиск рідин	Викликають повзучість та усадку бетону, що призводить до втрат попереднього напруження в арматурі
Короткочасні змінні	Люди, меблі, вітер, тимчасовий транспорт, короткочасне снігове навантаження	Перевіряють конструкцію на граничні стани (граничний згинальний момент, поперечна сила) та визначають розкриття тріщин
Особливі (аварійні)	Сейсміка, вибухи, удари транспорту, пожежа (високі температури)	Вимагають підвищеного запасу пластичності. При пожежі відбувається швидка релаксація напруг в арматурі та втрата міцності бетону
Динамічні та циклічні	Рух залізничного чи автотранспорту (мости), робота верстатів	Викликають втому матеріалів (особливо арматурних канатів/дроту) та прискорене утворення мікротріщин

Оцінка впливу на попередньо напружені залізобетонні конструкції є критично необхідною оскільки дозволяє здійснювати облік втрат попереднього напруження, забезпечувати тріщиностійкість, контролювати прогини і геометричні стабільності (при малій власній вазі та високому напруженні арматури можливий надмірний прогин конструкції вгору (випор), а при перевантаженні – незворотний прогин донизу) та сприяє запобіганню крихкому руйнуванню.

Втрати напруження під дією навантажень поділяють на перші (анкерування, тертя арматури об каналоутворювачі) та другі (усадка, повзучість бетону, релаксація напруг арматури під тривалим навантаженням) й без точної оцінки навантажень неможливо правильно розрахувати ці втрати. Оцінка

навантажень дозволяє визначити категорію вимог до тріщиностійкості елемента (повна відсутність тріщин або обмежене розкриття тріщин під допустимими комбінаціями). Оскільки в попередньо напружених залізобетонних конструкціях використовується високоміцна арматура з нижчим запасом пластичності порівняно зі звичайною арматурною сталлю, неконтрольоване динамічне або сейсмічне навантаження може спричинити раптове руйнування без попередніх помітних деформацій.

Отже, попередньо напружені залізобетонні конструкції потребують комплексної оцінки на всіх етапах «життєвого циклу» - від моменту передачі зусилля натягу на бетон до максимального експлуатаційного навантаження, оскільки небезпека руйнування існує як від перевантаження, так і від надмірного початкового стиску. Тривалі навантаження є головним чинником втрат попереднього напруження, тому високоточний розрахунок деформацій повзучості й усадки є критичним для забезпечення тріщиностійкості та нормованого прогину елементів протягом усього терміну служби. Під дією змінних і циклічних навантажень у попередньо напружених залізобетонних елементах зростає ризик втомного руйнування високоміцної арматури та зчеплення між бетоном і арматурними елементами, що вимагає окремого нормування обмежень напруг. Глибокий аналіз сумісного впливу постійних, змінних та особливих навантажень дозволяє проектувати надійні, економічно доцільні та довговічні конструкції із суворим дотриманням вимог як за міцністю, так і за експлуатаційною придатністю.

Список використаних джерел

1. Гасенко А.В. Самонапруження сталезалізобетонних конструкцій : монографія. Полтава: ПП «Астрая», 2022. 313 с. URL: https://reposit.nupp.edu.ua/media/30761

2. Сморкалов Д., Винокур В. Методики розрахунку монолітних залізобетонних конструкцій з попереднім напруженням арматурних канатів. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2022 № 12. С. 73-83. URL: https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.73-83

3. Чеканович М.Г. Попереднє напруження залізобетонних конструкцій за методом на бетонну суміш. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2024. № 6. С. 254-261. URL: https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.29

УДК 697.92:697.3

ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ В БУДІВЛЯХ З ІНТЕГРОВАНИМИ ПРИМІЩЕННЯМИ

Сипливець О.О., Херсонський аграрно-економічний університет, будівельне підприємство ТОВ «АРТАЛЕКС»
Денисюк Т.Д., Херсонський аграрно-економічний університет

Традиційно основні систем опалення та вентиляції мають значні неузгоджені дії в роботі вентиляції та опалення які можуть створювати розрядження в приміщенні, що призводить до інфільтрації холодного повітря через щілини у огороджувальних конструкціях.

Сучасні дослідження українських вчених підтверджують необхідність комплексного розгляду теплозахисту та вентиляції. В роботі Б. Гулай, О. Кузь і В. Бундзило [1] показано, що системи вентиляції з рекуперацією теплоти є важливим інструментом забезпечення енергоефективного повітрообміну в герметичних будівлях, а вибір рішень має враховувати кліматичні особливості регіону. О. Замицький та ін. [2] встановили, що термомодернізація житлових будівель із заміною вікон та зменшенням інфільтрації без організованого припливу може погіршувати нормативний повітрообмін. А. Подлєсний і А. Петренко [3] систематизували сучасні технології утилізації теплоти вентиляційного повітря та окремо відзначили вплив низьких температур зовнішнього повітря на ефективність і надійність рекуператорів.

Житлові будинки з інтегрованими приміщеннями (вбудовано-прибудованими) - такими як магазини, офіси, аптеки або кав'ярні на перших поверхах житлових будинків суттєво змінює його загальний та локальний тепловий баланс, якщо вентиляція не збалансована по тиску, в суміжних житлових зонах можуть виникати проблеми з перепадами тиску, що призводить до інфільтрації холодного зовнішнього повітря або проникнення сторонніх запахів і вологи До основних проблем та дисбалансів системи такі як місткі тепла/холоду в перекриттях, нерівномірність гідравлічного балансу та локальний перегрів (Теплові припливи) призводять до наслідків таких як холодна підлога на 2-му поверсі (якщо внизу склад/паркінг) або перегрів (якщо внизу пекарня/кухня), недогрів житлових квартир через перехоплення теплоносія потужними калориферами вентиляції комерції, підвищення температури в суміжних квартирах навіть при вимкнених радіаторах.

Вибір систем опалення та вентиляції з інтегрованими приміщеннями регулюється жорсткими нормами в яких є головним правилом: те що інженерні мережі житлової частини та комерційної мають бути повністю розділені між собою. Розділення теплових контурів необхідне через різний графік експлуатації, температурні режими та вимоги до обліку тепла. В будинках з підключенням до міської мережі через індивідуальний тепловий пункт (ІТП) передбачає встановлення окремих гребінок (контури) для житлової частини та

для комерційних приміщень з окремими лічильниками, але розподіл носія виконується окремими гілками для житла та вбудованих площ в таблиці 1 наведені розводки та прилади системи опалення.

Таблиця 1. Класифікація за типом розводки та приладів

Тип системи	**Для житлової частини**	**Для вбудованих приміщень**
Водяне радіаторне опалення	Горизонтальна поквартирна схема (колекторна) з можлливістю встановлення поквартирних лічильників тепла.	Окремий контур. Використовуються панельні або трубчасті радіатори, конвектори.
Повітряне опалення	Зазвичай не застосовується (за винятком елітного житла з припливно-витяжною вентиляцією).	Поєднане з припливною вентиляцією або системним кондиціонуванням

Інтеграція припливно-витяжної вентиляції в систему опалення (повітряне чи комбіноване опалення) дає змогу об'єднати повітрообмін та компенсацію тепловтрат будівлі в єдиний автоматизований комплекс.

Припливно-витяжна система вентиляції з тепловими насосами "повітря-повітря" або "повітря-вода" дозволяє досягти високого коефіцієнта перетворення енергії (COP 3.0–4.5), де на 1 кВт витраченої електроенергії генерується 3–4.5 кВт тепла.

Отже головних напрямком сучасної інженерії є об’єднання або взаємоузгоджена робота систем опалення та вентиляції, яка дозволяє інтеграцію цих систем для забезпечення мікроклімату при мінімальних витратах енергоресурсів. Сумісна робота систем опалення та вентиляції розглядає приміщення як єдину динамічну тепло-повітряну систему. Метою якої взаємодія для забезпечення нормативного мікроклімату (20-22^0 С, відносна вологість 40-60%, рівень CO_2 < 800ppm) за мінімальних витрат енергії. Неузгодженість або конфлікт між цими системами призводить до виникнення холодних протягів, локального перегріву, перевитрати енергії до 30-40 % та утворення умов для появи плісняви.

Основними підходами сумісної роботи є гібридні системи в яких водяне опалення (радіатори, тепла підлога) покриває базові статичні тепловитрати будівлі, а система вентиляції з підігрівом регулює якість повітря (CO_2) та компенсує динамічні коливання температури в будівлі.

Використання теплообмінників (роторних або пластинчастих) у вентиляційних установках дозволяє утилізувати **від 65% до 90% тепла**

витяжного повітря для нагріву припливного. Це знижує навантаження на систему опалення в опалювальний період у 2,5–3 рази.

Результати досліджень наведені в Таблиці 2 як порівняльний аналіз та суміщення систем опалення та вентиляції з відповідними показника ефективності.

Таблиця 2. Порівняльний аналіз окремої системи та суміщеної

Показник	**Окремі системи (без рекуперації)**	**Суміщена/інтегрована система (з автоматикою)**
Втрати тепла з вентиляцією	40–60% від загального теплового балансу	10–15% завдяки рекуперації
Точність підтримки T^0C	Високі локальні коливання	Стабільний температурний профіль
Загальне енергоспоживання	Базове (100%)	Скорочення на **35–55%**

Список використаних джерел

1. Гулай Б., Кузь О., Бундзило В. Аналіз ефективності децентралізованих систем вентиляції з рекуперацією теплоти. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2025. Вип. 51. С. 34–45. DOI: https://doi.org/10.32347/2409-2606.2024.51.34-45.
2. Замицький О., Корбут В., Ялова А., Бондар Н. Оцінка ефективності пасивної вентиляції термомодернізованого житлового будинку. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2025. Вип. 53. С. 90–102. DOI: https://doi.org/10.32347/2409-2606.2025.53.90-102.
3. Подлєсний А., Петренко А. Утилізація теплоти у вентиляційних системах: огляд сучаснихтехнологій, енергоефективність та протидія обмерзанню. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2025. Вип. 54. С. 52–75. DOI: https://doi.org/10.32347/2409-2606.2025.54.52-75

УДК 624.078

АНАЛІЗ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ КОЛОН БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЇХ ОПТИМІЗАЦІЯ

Сипливець О.О., Херсонський аграрно-економічний університет, будівельне підприємство ТОВ «АРТАЛЕКС»
Сироквашина О.М., Херсонський аграрно-економічний університет

Дослідження вузлових з'єднань колон є одним із найкритичніших напрямів у сучасній будівельній науці та проектуванні. Вузли є найбільш напруженими та складними елементами каркаса, де відбувається перерозподіл і концентрація зусиль між різними конструктивними елементами.

Окремі види вузлових з'єднань колон будівельних конструкцій протягом останніх років досліджували Гілодо О.Ю., Височан Н.К., Арсірій А.М., Корчевний Д.С. та Павленко В.В. у частині каркасних багатоповерхових будинків із безбалочними збірними перекриттями з клеєної деревини [1]; Хіцков К. і Лавріненко Л. аналізуючи вузли металевих конструкцій на вогнестійкість із застосуванням спеціалізованих програмних комплексів 3D моделювання [2]; Шимановський О.В. щодо попередження можливих терористичних нападів та усунення їх наслідків стосовно споруд зі сталевих конструкцій [3] та інші.

У класичних розрахункових схемах вузли зазвичай ідеалізують як абсолютно жорсткі або абсолютно шарнірні. Проте реальні з'єднання майже завжди працюють як напівжорсткі (з обмеженою податливістю). Неврахування реальної жорсткості вузла призводить до помилок у визначенні згинальних моментів та поздовжніх сил у колонах і ригелях, а точний опис деформативності каркаса дозволяє запобігати непередбачуваним прогинам чи зміщенням поверхів. При аварійних впливах (вибухи, удари транспорту, локальні пожежі) втрата однієї колони не повинна призводити до обвалення всієї будівлі, адже вузлові з'єднання мають володіти високою пластичністю та здатністю працювати на висмикування і розтяг під час зміни статичної схеми. Під дією сейсмічних поштовхів або циклічних вітрових навантажень вузли зазнають сильного змінного напруження. Так, у сталевих вузлах досліджують ризик втомного тріщиноутворення навколо зварних швів та отворів під болти; у залізобетонних вузлах вивчають деградацію зчеплення арматури з бетоном, викришування бетону замонолічування та зсувні деформації ядра вузла. Під час пожежі металеві елементи вузлів або випуски арматури швидко втрачають міцність і жорсткість, а врахування теплових режимів і температурних деформацій у вузлах дозволяють розробляти ефективні методи вогнезахисту та проектувати вузли з підвищеною вогнестійкістю. Все це свідчить про необхідність дослідження видив вузлових з'єднань колон будівельних конструкцій із врахуванням сучасних тенденцій в галузі будівництва та постійного прогресу у цій сфері.

У (таблиці 1) представлено основні види вузлових з’єднань колон будівельних конструкцій

Таблиця 1. Види вузлових з’єднань колон будівельних конструкцій

Група	**Вид**		
Вузлові з’єднання залізобетонних колон	Стики колон по висоті (поверхові стики)	Ванний стик (зварний)	Випуски поздовжньої арматури верхньої та нижньої колон зварюються у ванночках або на накладках, після чого шов замонолічується дрібнозернистим бетоном
		Болтовий (механічний) стик	Використовуються спеціальні різьбові муфти або кутові закладні пластини з болтовим кріпленням. Забезпечує високу швидкість монтажу без зварювальних робіт
		Шпонковий (замонолічений) стик	На торцях колон формуються зубчасті поверхні (шпонки). Після центрування та зварювання випусків арматури порожнина заливається високоміцним безусадочним бетоном
	Спряження колон з ригелями (балками)	Шарнірне з’єднання	Ригель спирається на консоль колони (приховану або відкриту) і фіксується анкерними болтами чи монтажним зварюванням закладних деталей. Передає переважно вертикальне зусилля
		Жорстке з’єднання	Зварюються випуски верхньої та нижньої арматури ригеля з закладними деталями колони, а з’єднання замонолічується
			Забезпечує передачу

Група	Вид		
			згинального моменту й зменшує прогини ригелів
	З’єднання колони з фундаментом	Сканчатий (стаканний) тип	Збірну колону встановлюють у спеціальну чашу (стакан) фундаменту, вивіряють за виском і замонолічують бетоном
		Анкерно-болтове (на базах)	Використовується для колон зі сталевими опорними плитами (базами), які фіксуються на анкерних болтах, замонолічених у фундамент
Вузлові з’єднання сталевих колон	Бази колон (стик з фундаментом)	Шарнірна база	Опорна плита передає стискаюче зусилля на бетон.
			Анкерні болти розміщуються по осі колони та фіксують її лише від зміщення
		Жорстка база	Опорна плита посилюється траверсами, ребрами жорсткості та рознесеними анкерними болтами великого діаметра
			Здатна сприймати значні згинальні моменти від вітрових та сейсмічних навантажень
	Поверхові стики сталевих колон	Фланцевий стик	Торці колон постачають товстими сталевими фланцями, які стягуються високоміцними болтами з контрольованим натягом
		Стик на накладках (зварний або болтовий)	Стінки та полиці колон з’єднуються фасонними накладками за допомогою високоміцних болтів або суцільного зварного шва
	Спряження з	Шарнірне	Балка спирається на

Група	Вид		
	балками та фермами		опорний столик (кутник чи планку), приварений до колони, або кріпиться через фасонку за допомогою болтів за стінку балки
		Жорстке	Полиці балки жорстко приварюються (або кріпляться фланцями) до полиць колони, а стінка фіксується зсувним накладками

Наразі розвиток швидкісного та модульного будівництва вимагає впровадження нових типів з'єднань (наприклад, фланцевих з'єднань на високоміцних болтах або механічних муфтових стиків арматури), проте перед їх застосуванням необхідна перевірка надійності нових патентних рішень перед їх масовим застосуванням на будівельному майданчику.

Отже, проведене дослідження дозволяє стверджувати, що: вузол є вирішальним фактором надійності (більшість аварій і руйнувань будівельних каркасів (особливо при сейсміці та техногенних впливах) починаються саме з руйнування вузлових з'єднань, а не з втрати міцності прольоту балки чи перерізу колони); у сучасних умовах будівництва, над актуальним є перехід від спрощених розрахункових схем до врахування напівжорсткості вузлів дозволяє суттєво уточнити матеріалоємність будівлі та підвищити її загальну безпеку; комплексна оцінка вузлів вимагає поєднання скінченно-елементного чисельного моделювання з натурними випробуваннями на статичні та динамічні навантаження під пресами й на сейсмоплатформах.

Список використаних джерел

1. Гілодо О.Ю., Височан Н.К., Арсірій А.М., Корчевний Д.С., Павленко В.В. Каркасні багатоповерхові будинки з безбалочними збірними перекриттями з клеєної деревини. *Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини.* 2025. Вип. 29. С. 68-76.
2. Хіцков К. Лавріненко Л. Аналіз вузлів металевих конструкцій на вогнестійкість із застосуванням спеціалізованих програмних комплексів 3D моделювання. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. 2023. № 12. С. 93-104
3. Шимановський О.В. Питання попередження можливих терористичних нападів та усунення їх наслідків стосовно споруд зі сталевих конструкцій. Частина 1 : *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського.* 2019. Вип. 23. С. 4-31

УДК 624.137.5 : 624.154.3

ГЕОТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПАЛЬОВО-АНКЕРНИХ УТРИМУЮЧИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ЩІЛЬНОГО МІСЬКОГО ЛАНДШАФТУ ОДЕСИ

Стельмах А.П.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Геоструктурні умови прибережної зони Одеси формуються сполученням високих уступів плато, складених лесовими породами та шарами неогенових глин, які підстилаються тріщинуватою товщею понтичного вапняку [1]. Постійна присутність техногенного обводнення, витоків із підземних комунікацій та циклічних коливань рівня ґрунтових вод активізує процеси глибинного крипу та створює постійну загрозу раптового зсуву масиву [2]. Особливу інженерну складність становить розміщення на брівках таких схилів або в зоні їхньої прямої динамічної взаємодії споруд історичного фонду. Більшість цих об'єктів зведена за безкаркасною стіновою схемою з пиляних блоків вапняку-черепашнику на піщано-вапняних розчинах слабкої міцності [3]. Матеріал має низькі граничні межі опору головним розтягувальним і зсувним напруженням, які не перевищують десятих часток мегапаскаля, а також суттєво втрачає зчіпні властивості в умовах підвищеної вологості. Відсутність монолітних антисейсмічних залізобетонних поясів у поєднанні з мілким закладенням стрічкових бутових фундаментів ускладнює перерозподіл внутрішніх зусиль при деформаціях підвалин. Нормативні вимоги [4] жорстко лімітують різницю осідань для таких будівель, оскільки будь-яке некомпенсоване зміщення ґрунтової кромки призводить до розкриття наскрізних осадових тріщин, перекосу прорізів та загрози лавиноподібного руйнування капітальних стін. Унаслідок цього проектування утримуючих конструкцій на прибережних ділянках вимагає забезпечення повної відсутності ударних чи вібраційних хвиль під час їх спорудження та досягнення гранично високої згинальної жорсткості всієї системи.

Основна частина. *Деструктивні фактори традиційних геотехнічних рішень.* Вибір конструктивних рішень протизсувного захисту в зоні збереження історичної забудови суворо лімітований високою чутливістю старого житлового фонду до зовнішніх механічних впливів [2, 5]. Застосування шпунтових огорож або забивних залізобетонних елементів супроводжується передачею на ґрунт потужних пружних ударних або вібраційних коливань. Швидкість коливального руху часток ґрунту в зоні поширення хвиль значно перевищує граничний безпечний рівень у два міліметри на секунду, що призводить до руйнування розчинних швів у кладці з черепашнику та провокує опадання окремих кам'яних блоків. Одночасно з цим улаштування масивних буронабивних або буросічних паль діаметром понад вісімсот міліметрів вимагає концентрації на майданчику важкої роторної техніки масою понад сорок-п'ятдесят тонн[6]. Розгортання таких верстатів у вузьких прибережних проїздах утруднене габаритами, а їхнє зосереджене статичне навантаження на кромку схилу безпосередньо завантажує призму активного тиску, що здатне

самостійно спровокувати зсув. Зведення класичних гравітаційних підпірних стін також пов’язане з неприпустимим ризиком, оскільки відкрите розкриття глибоких виїмок біля підошви зсуву знімає природний упорний контрфорс, викликаючи передчасну релаксацію напружень і втрату глобальної рівноваги масиву ще до початку бетонування утримувальної споруди [2, 7].

Технологічні параметри виконання робіт буроін’єкційним методом. Буроін’єкційні палі малого діаметра від ста п'ятдесяти до трьохсот міліметрів повністю позбавлені зазначених недоліків і виступають оптимальним засобом зміцнення укосів у стисненому просторі [6, 8]. Проходка свердловин здійснюється малогабаритними верстатами масою від трьох до шести тон за технологією безперервного порожнистого шнека, що виключає передачу ударів та динамічних імпульсів на ґрунтовий масив і суміжні фундаменти. По досягненні проектної позначки, розташованої нижче розрахункової лінії ковзання в пластах міцного сарматського вапняку або суглинків, через внутрішній канал бурової колони подається дрібнозернистий бетонний розчин під тиском від нуля цілих трьох десятих до нуля цілих шести десятих мегапаскаля [8, 12]. Нагнітання суміші під тиском виконує радіальну опресовку стінок свердловини, що ущільнює контактну зону, запобігає вивалу ґрунту та підвищує зчеплення матеріалу стовбура з навколишнім масивом на тридцять-сорок відсотків[4,6]. Відразу після вилучення інструменту в пластичний розчин занурюється сталевий просторовий арматурний каркас або товстостінна сталева серцевина, які забезпечують роботу елемента на сприйняття згинальних та зсувних зусиль. Компактність установки дозволяє вести буріння на відстані до вісімдесяти сантиметрів від цоколя наявної будівлі без порушення природної щільності ґрунтів основи під підошвою її фундаменту [8, 9].

Розрахунково-статична механіка пальово-анкерної системи. Поодинокі буроін’єкційні палі внаслідок малого діаметра мають відносно невисоку згинальну жорсткість на дію поперечних навантажень, тому надійне утримання зсувного тиску можливе лише шляхом їх інтеграції у комбіновану пальово-анкерну просторову структуру [7, 10]. Конструктивна схема формується пальовим рядом з кроком у три або чотири діаметри, який заглиблюється нижче поверхні зсуву на величину необхідного розрахункового защемлення[4]. По верхівках стовбурів улаштовується монолітний залізобетонний обв’язувальний ростверк, що забезпечує нерозрізність усієї споруди, запобігає диференційованому зміщенню суміжних елементів і розподіляє локальні навантаження по довжині стінки. Через тіло ростверку буряться похилі свердловини під кутом від п'ятнадцяти до двадцяти п'яти градусів до горизонту для закладення попередньо напружених ґрунтових анкерів [9]. Конструкція анкера містить вільну ділянку, захищену антикорозійною оболонкою, яка перетинає рухомий зсувний шар, і кореневу зону, закріплену цементним розчином у непорушених шарах корінного вапняку далеко за межами призми можливого обвалення [7, 10].

Розрахункова поведінка конструкції кардинально трансформується залежно від схеми закріплення верхівки пальового ряду [6, 10]. Якщо підпірна стінка функціонує за консольною схемою, деформація вісі під дією бічного

активного тиску ґрунту підпорядковується диференціальному рівнянню згинання балки на пружній основі[4,7]:

$$EI = \frac{d^4y}{dz^4} + C(z) * b * y = Ea(z),$$

де EI відображає згинальну жорсткість залізобетонного перерізу, y(z) описує зміщення осі на заданій глибині, C(z) позначає коефіцієнт постілі ґрунту в зоні защемлення, b відповідає розрахунковій ширині взаємодії, а E_a(z) являє собою епюру бічного тиску схилу з урахуванням ваги прилеглих будівель. У консольній схемі піковий згинальний момент зосереджується в перерізі защемлення біля підошви зсуву і вимагає діаметрів паль, несумісних із малогабаритним бурінням, а горизонтальні переміщення оголовка сягають значень від п'ятдесяти до ста двадцяти міліметрів [6, 7]. Такий зсув неминуче дестабілізує фундаменти прилеглих будинків, провокуючи розтяг у підвалинах і утворення глибоких деформаційних розривів стін [3, 5].

Введення в рівні монолітного поясу жорсткої реакції від попередньо напруженого анкера докорінно змінює статичну роботу конструкції, перетворюючи консоль на багатоопорну нерозрізну балку на пружно-податливих опорах [9, 10-12]. У вузлі сполучення ростверку з анкерною головкою формується зворотний реактивний момент, який компенсує значну частку зовнішнього навантаження. Епюра згинальних моментів ділиться між прогоновою частиною палі та точкою її заглиблення в стійкий масив, а максимальний згинальний момент у небезпечному перерізі зменшується в два з половиною - три з половиною рази [7]. Завдяки цьому міцність конструкції повністю забезпечується стандартним армуванням тонких стовбурів із вмістом поздовжньої сталі на рівні півтора-двох відсотків [4].

Особливе практичне значення має виконання попереднього натягу анкерних канатів за допомогою гідродомкратів до рівня сімдесяти-вісімдесяти відсотків від повної сили очікуваного активного тиску масиву [9]. Звичайний ненапружений анкер починає утримувати ґрунт лише після накопичення значних пластичних зрушень укосу та вибору механічних люфтів замкової частини. Попередній натяг, навпаки, заздалегідь обтискає ґрунтову товщу, формуючи зону початкового стиску та спрямовуючи пружні деформації назустріч схилу ще до настання періоду осінньо-весняного зволоження або гідродинамічних ударів [7, 10-12]. Унаслідок цього результуючі горизонтальні переміщення брівки схилу та фундаментів будівель стримуються в безпечному інтервалі від восьми до дванадцяти міліметрів, що гарантує цілісність кам'яної кладки історичної забудови[5].

Висновки. Досліджено механізм взаємодії комбінованих утримуючих конструкцій з ґрунтовим масивом у зонах підвищеної зсувної активності прибережної смуги. Визначено критичні фактори впливу будівельних технологій на збереження конструктивної цілісності об’єктів старого житлового фонду, зведених із пористого вапняку. Виконано порівняльний аналіз статичної поведінки підпірних елементів при зміні консольної схеми спирання на пальово-анкерну з додатковими точками закріплення. Запропоновано критерії підбору параметрів анкерного поля для обмеження горизонтальних зрушень ґрунтової товщі.

Геотехнічні заходи з інженерного захисту прибережних схилів Одеси в зонах збереження історичної спадщини вимагають цілковитого виключення динамічних і вібраційних впливів на ґрунтовий масив.

Використання паль малого діаметра, що влаштовуються шнековим бурінням з ін'єкційним заповненням, вирішує проблему обмеженого робочого простору та знімає небезпеку передачі технологічних коливань на вапнякову кладку.

Впровадження попередньо напружених ґрунтових анкерів, корені яких закріплені за межами активного клину зсуву, модифікує напружено-деформований стан утримувальної споруди, скорочує згинальні зусилля в залізобетонних елементах та стримує деформативність системи в межах безпечних значень для навколишніх будинків.

Список використаних джерел

1. Зелінський І. П., Корженевський Б. О., Черкез Є. А. Зсуви північно-західного узбережжя Чорного моря: моделювання та прогноз. Одеса : Астропринт, 2012. 216 с.
2. ДБН В.1.1-46:2017. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2017. 52 с.
3. Немчинов Ю. І., Тарасюк В. Г., Хавкін О. К. Сейсмостійкість та відновлення будівель історичної забудови з кам'яними стінами. Київ : ДП НДІБК, 2018. 184 с.
4. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель і споруд. Основні положення. Київ : ДП «НДІБВ», 2018. 104 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-39:2016. Настанова щодо оцінювання впливу вібрації на будівлі та споруди. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 38 с.
6. Винников Ю. Л., Манько О. В. Підпірні стіни з буроін’єкційних паль у стиснених умовах міської забудови. Збірник наукових праць ПолтНТУ. 2019. Вип. 2 (49). С. 45–53.
7. Самородов О. В., Тарасюк В. Г., Мороз О. М. Особливості моделювання пальово-анкерних утримуючих конструкцій при реконструкції в міських умовах. Науковий вісник будівництва. 2021. Т. 104, № 2. С. 68–75.
8. Корнієнко М. В., Корнієнко О. М. Влаштування пальових фундаментів методом ін'єкційного бетонування в умовах щільної міської забудови. Будівельне виробництво. 2020. № 68. С. 24–31.
9. Слюсаренко Ю. С., Сєдін В. Л., Білик В. В. Технологічні особливості влаштування тимчасових і постійних ґрунтових анкерів. Геотехнічна механіка. 2020. Вип. 151. С. 112–121.
10. Бойко І. П., Шаповал А. В. Чисельне дослідження взаємодії комбінованих пальово-анкерних підпірних споруд із ґрунтовим масивом схилу. Основи і фундаменти. 2022. Вип. 44. С. 15–23.
11. Чеканович, М. Г. (2024). Теорема для розрахунку будівельних конструкції. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 199-204. https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24
12. Prestressed concrete structures: during-tensioning metod: monograph/ M.H Chekanovych: Kherson State Agrarian and Economic univertsity. – Odesa: Oldi+, 2026. –160 с. https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/12179

УДК 691.32

УСАДКОВІ ДЕФОРМАЦІЇ БЕТОНУ: ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ, ФАКТОРИ ВПЛИВУ ТА МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ

Саваєва Є.А., Фоменко О. Є.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Анотація У статті досліджується природа усадкових деформацій бетону, ключові причини їх появи та фактори, що визначають силу та інтенсивність цього процесу. Оцінено вплив рецептури суміші, водо-цементного відношення (В/Ц), структурної матриці та мікроклімату твердіння на динаміку розвитку деформацій. Проаналізовано ризики для цілісності будівельних конструкцій, а також ефективні підходи до лабораторного тестування та мінімізації усадки, з акцентом на оптимізації складу.

Ключові слова: бетон, усадка, усадкові деформації, цементне в’яжуче, водоцементне відношення, структура бетону, тріщиноутворення, твердіння.

Вступ Завдяки високій міцності, довговічності та варіативності форм, бетон залишається базовим матеріалом у сучасному будівництві. Проте його фізико-механічні характеристики не є статичними — вони трансформуються впродовж усього циклу твердіння та експлуатації. Одним із найбільш критичних параметрів, що вимагає прискіпливої уваги ще на етапі проєктування, є усадка.

Це процес зменшення об’єму матеріалу, спровокований комплексом фізико-хімічних перетворень у цементному камені. Масштаб цих змін напряму залежить від компонентної бази, об'єму води, типу заповнювачів, а також умов середовища. Ігнорування усадкових деформацій часто призводить до тріщиноутворення, спотворення геометрії елементів та загального падіння надійності споруди. Саме тому прогнозування усадки та пошук інструментів для її контролю залишаються пріоритетними завданнями будівельного матеріалознавства.

1. Природа та класифікація усадкових деформацій. Усадка не є однорідним явищем; це результат накладання кількох паралельних процесів. Традиційно виділяють пластичну, автогенну, температурну усадку та деформації від висихання.

- *Пластична усадка* відбувається на найбільш ранніх етапах, коли бетонна суміш ще не набрала початкової міцності. Якщо темпи випаровування вологи з поверхні перевищують її надходження з глибинних шарів, поверхневий об'єм різко скорочується, що загрожує появою сітки ранніх тріщин.
- *Усадка під час висихання* розтягнута в часі. Вона зумовлена віддачею вологи в навколишнє середовище і сильно залежить від габаритів конструкції, вологості повітря та якості догляду за поверхнею.

- *Автогенна усадка* генерується зсередини — через хімічне зв'язування води під час процесу гідратації цементу та відповідне падіння вологості у системі капілярних пор. Вона є особливо критичною для високоміцних бетонів із низьким водоцементним відношенням.
- *Температурні деформації*, хоч і мають іншу фізичну природу (реакція на екзотермію твердіння чи зміну клімату), на практиці часто працюють у синергії з усадкою, мультиплікуючи внутрішні напруження.

2. Чинники, що визначають інтенсивність усадки. Базовим тригером є водоцементне відношення. Надлишок води, яка не вступила в реакцію гідратації, з часом випаровується, залишаючи пористу структуру, схильну до значних просторових деформацій. Застосування пластифікаторів та суперпластифікаторів дозволяє оптимізувати В/Ц, зберігаючи необхідну рухливість суміші. Проте їхній вплив на підсумкову усадку є нелінійним і завжди вимагає лабораторного підтвердження.

Внутрішній «скелет» бетону формують заповнювачі, які механічно стримують деформації цементної матриці. Їхня об'ємна частка, фракційний склад, жорсткість та адгезія до цементного каменю здатні кардинально змінити загальну деформативність системи.

Зовнішні умови — висока температура, вітер, дефіцит вологості — форсують випаровування, провокуючи критичну пластичну усадку. Крім того, геометрія конструкції диктує швидкість процесу: тонкостінні елементи втрачають вологу і деформуються значно швидше за масивні блоки, особливо на перших етапах набору міцності.

3. Наслідки для будівельних конструкцій. У вільному стані усадка сама по собі рідко призводить до руйнування матеріалу. Небезпека виникає тоді, коли деформаціям перешкоджає арматурний каркас, фундаменти або суміжні жорсткі елементи.

Якщо згенеровані розтягувальні напруження перевищують фактичну міцність бетону на розтяг, структура рветься і з'являються тріщини. Це руйнує водонепроникність моноліту, відкриває шлях агресивним речовинам і провокує корозію арматури. Ризик пошкодження визначається не лише абсолютною величиною усадки, а й градієнтом її розвитку відносно набору міцності та повзучості бетону. Тому інженерна оцінка має бути виключно комплексною.

4. Оцінювання деформацій та шляхи їх мінімізації. Лабораторний контроль усадкових процесів зазвичай базується на регулярному вимірюванні лінійних розмірів бетонних призм у часі. Відносну деформацію усадки розраховують за класичною формулою:

$$\varepsilon_{sh} = \frac{L_0 - L_t}{L_0}$$

де L_0 — початкова (базова) довжина зразка, L_t — його довжина на момент вимірювання. Для зручності обчислень результат часто переводять у мікродеформації, множачи отримане значення на 10^6. Щоб отримати валідні

дані, випробування вимагають жорсткої стандартизації мікроклімату та дублювання зразків для кожного складу.

Що стосується практичного зменшення усадки, арсенал технологів включає: оптимізацію матриці «цемент-заповнювач», зниження В/Ц завдяки хімічним модифікаторам та створення надійного вологозахисного бар'єра на етапі раннього догляду за бетоном. Слід розуміти, що просте механічне зменшення частки цементу не є панацеєю – будь-яке коригування рецептури має спиратися на практичні випробування, оскільки структурна організація матеріалу по-різному реагує на введення добавок.

Висновки Усадка бетону – це багатофакторний динамічний процес, украй чутливий до рецептурних, технологічних та кліматичних змінних. В умовах жорсткого обмеження деформацій вона стає головним каталізатором раннього тріщиноутворення.

Успішне нівелювання цих ризиків вимагає комплексного підходу: від скрупульозного розрахунку водоцементного відношення та підбору жорсткого каркаса із заповнювачів до неухильного дотримання регламенту догляду за свіжоукладеною сумішшю. Лише постійний експериментальний моніторинг та статистичний аналіз дозволяють створити бетон із заданою стабільністю геометричних параметрів та високим ресурсом довговічності.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення усадки та повзучості. [Чинний від 2010-09-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 20 с.
2. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Будівельне матеріалознавство : підручник. Київ : Каравела, 2020. 572 с.
3. Гоц В. І., Рогозіна Н. В. Вплив суперпластифікаторів на деформативні властивості та тріщиностійкість високоміцних бетонів. *Будівельні матеріали та вироби*. 2019. № 2. С. 14–18.
4. Пушкарьова К. К., Бамбура А. М., Кочевих М. О. Автогенна усадка бетону нового покоління: механізми розвитку та способи мінімізації. *Науковий вісник будівництва*. 2021. Т. 104, № 2. С. 55–62.
5. Бабич Є. М., Романюк В. В. Деформативність та міцність бетонів з урахуванням фактора часу : монографія. Рівне : НУВГП, 2016. 284 с.
6. Савицький В. В., Шейніч Л. О. Пластична усадка та раннє тріщиноутворення в бетонах: причини і методи запобігання. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. Вип. 72. С. 112–119.

УДК 666.972

СВІТОВИЙ ДОСВІД ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ БЕТОНУ В БУДІВЕЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Волошин М.М.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Підвищення дефіцитності природних заповнювачів, необхідність охорони навколишнього середовища та збільшення кількості старих, морально і фізично зношених будівель та споруд із залізобетону, що піддаються зносу спонукає до пошуку шляхів впровадження у виробництво технологій, які б ґрунтувалися на повторному використанні відпрацьованих матеріалів.

Основний текст. Збільшення обсягів застосування бетону і залізобетону в будівництві, реконструкція міст викликали появу нових видів відходів та некондиційної продукції.

Щорічно в країні утворюється близько 6 млн. т відходів бетону та залізобетону (рис. 1). У великих містах і промислових районах країни після переходу на будівництво нових серій будинків і будівель з’являються десятки мільйонів кубічних метрів невикористаних некондиційних залізобетонних виробів і конструкцій.

Некондиційна продукція промисловості збірного залізобетону може бути частково використана в менш відповідальних будівлях і спорудах із зниженою поверховістю, при будівництві тимчасових доріг, тротуарних покриттів, індивідуальних забудовах. Однак основний обсяг некондиційної продукції залишається на підприємствах-виготовлювачах, захаращуючи склади готової продукції і території заводів. При вивезенні цих відходів на звалища виникають серйозні труднощі, пов'язані з дефіцитом територій, виділених для звалищ, непродуктивного завантаження автотранспорту і забрудненням навколишнього середовища.



Рис. 1. Будівельні відходи, отримані в результаті демонтажу будівель і споруд

Таким чином, мертвим вантажем у відвалах лежить дефіцитна вторинна сировина, планомірна утилізація якої дозволила б залучити в господарський оборот понад 1,2 млн. т металу і близько 40 млн. т бетонного брухту.

До недавнього часу відходи залізобетону практично не утилізовувалися, так як були відсутні економічні способи їх переробки, технологічне обладнання для руйнування великогабаритних виробів і конструкцій.

Увага до питання повторного використання бетону в будівельному виробництві посилюється в наш час через підвищення дефіцитності природних заповнювачів, необхідності охорони навколишнього середовища та збільшення кількості старих, морально та фізично зношених будівель і споруд із залізобетону, що піддаються зносу.

В даний час в країнах ЄС щорічно піддається руйнуванню близько 50 млн. т бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд, у США – 60 млн. т, в Японії – 12 млн. т і т.д.

В окремих країнах (Японії, ФРН, Данії, Нідерландах, Люксембурзі та ін.) практично немає територій для організації звалищ або захоронення бетонного брухту. У той же час ряд країн працює на привізному щебені.

Багаторічний досвід переробки бетону є в США. Вже кілька десятків років щорічно переробляється понад 20 млн. т бетонних відходів. За даними ряду американських фірм, при одержанні щебеню з бетону витрата палива в 8 разів менше, ніж при його видобутку в природних умовах, а собівартість бетону на вторинному щебені знижена до 25%.

В Англії та Німеччині широко застосовується при приготуванні бетонної суміші в якості крупного заповнювача бетонний брухт, що утворився після руйнування будівель і споруд.

Перші дослідження по застосуванню в будівництві відходів з бетонного брухту в країнах – членах ЄС були проведені ще в 1977р. голландськими вченими. Надалі експерименти проводилися спільно вченими Нідерландів, Бельгії та ФРН. У наш час вчені займаються вирішенням питань що стосуються вивчення технології руйнування, вдосконалення технологічного обладнання з переробки некондиційного залізобетону і дослідження техніко-економічних, соціальних і природних аспектів повторного використання бетону. Останнім часом у всьому світі помітно підвищився інтерес до повторного використання бетону в будівельному виробництві. На першому етапі в більшості країн повторно використовувалася лише незначна частина зруйнованого бетону, і то в основному в якості підстилаючого шару (щебеневої підготовки) при зведенні автомагістралей, прокладання залізниць і влаштування тимчасових майданчиків. Вторинний заповнювач з бетонолому стає в один ряд з іншими будівельними матеріалами і передбачається у проектах реконструкції різних країн. Визначені області застосування крупного заповнювача: при влаштуванні щебеневих підстав під підлоги і фундаменти будівель, під асфальтобетонні покриття доріг усіх класів; як крупний заповнювач у бетонах міцністю 5-20 МПа при виробництві бетонних і залізобетонних виробів; як крупний заповнювач у бетонах міцністю до 30 МПа при змішуванні з природним щебенем.

Узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду повторного використання бетону дало можливість допустити застосування в якості заповнювача при приготуванні бетонної суміші подрібненого бетону. Американська специфікація стандартів для заповнювачів бетону включає щебінь з подрібненого бетону на гідравлічному в'яжучому. Японія і Нідерланди в даний час також ввели в дію стандарти на заповнювачі з подрібненого бетону.

Згідно стандарту Японії, вторинний бетон поділяється на три категорії (табл. 1.):

1 категорія - звичайний дрібний заповнювач + вторинний крупний заповнювач;

II категорія - звичайний і вторинний дрібні заповнювачі + вторинний крупний заповнювач;

III категорія - вторинний великий і дрібний заповнювачі.

Таблиця 1. Використання вторинних бетонів

Категорія вторинного бетону	Область застосування	Максимальна міцність на стиск, МПа	
		проектна (стандартна)	реальна
I	Загальне малоповерхове будівництво, малоповерхове багатоквартирне житлове будівництво, індивідуальне будівництво, фундаменти складських та виробничих приміщень	18	30
II	Бетонні блоки фундаментів, гаражі і легкі підсобні приміщення, станини машин і механізмів і т. д.	15	27
III	Фундаменти дерев'яних конструкцій воріт, огорожі, легкі фундаменти під машини і механізми т.п.	12	24

Японські фахівці вказують на доцільність широкого використання щебеню з подрібненого бетону.

Американські вчені, які мають багаторічний досвід переробки бетону, підкреслюють високу економічність переробки бетону. Так, вартість 1 т природного заповнювача становить 14 дол., 1 т вторинного заповнювача – 6,8 дол.

Здійснюється виробництво вторинного щебеню п'яти фракцій з максимальною крупністю зерен до 75 мм. Основний обсяг виробленого щебеню використовується для влаштування основ адміністративних будівель. У цьому випадку бетон на основі великого вторинного заповнювача має собівартість на 25% нижче, ніж бетон на природному щебені.

Основна фізико-механічна характеристика щебеню, одержаного з подрібненого бетону:

- щільність – 2150-2450 кг/м;
- фактор подрібнення – 0,7—0,79;
- вміст вологи – 3-6%;
- водопоглинання – 4-5%;

- втрати при прожарюванні – 5%.

Рекомендовано використання тільки великого вторинного заповнювача для приготування бетону, близького за своїми характеристиками міцності до аналогічного складу бетону на гравії.

Таким чином, використання щебеню з подрібненого бетону у виробництві бетону, де рекомендується використання в якості заповнювача гравій.

Прикладами такого застосування можуть служити роботи по реконструюванню аеропорту Маастрихт, де використовувався бетон наступного складу: великий вторинний заповнювач фракцій 15-30 і 0-15, дрібний вторинний заповнювач; портландцемент - 380 кг/м^3.

Запроектований склад вторинного бетону при твердінні забезпечив необхідні міцносні характеристики.

Дослідження ділянок дорожнього покриття поблизу Хелмонда, виконаних з бетонів на гравії і вторинному заповнювачі, показали, що використання щебеню з подрібненого бетону не здійснює істотного впливу на морозостійкість даних бетонів.

У Амерсфоорте (Нідерланди) змонтовано кілька будинків з використанням внутрішніх стінових панелей, виготовлених на основі вторинних бетонів. При обстеженні експлуатованих будівель наявності тріщин на стінових панелях не виявлено.

В цілому ж по країнах ЄС середній рівень переробки будівельних відходів за даними за останні роки становить 28%, причому частка вторинної будівельної сировини там швидко зростає.

На сьогодні використанню бетонного брухту в якості заповнювача присвячено багато праць українських та закордонних вчених. Ними було встановлено, що при однакових значеннях міцності на стиск міцність на вигин бетону на дробленому заповнювачі більша, ніж на природних заповнювачах. При цьому зазначено, що дроблений заповнювач характеризується більш низькою щільністю в порівнянні з щільністю природних заповнювачів, а бетон на його основі має більш низьку міцність на стиск.

Висновки. Аналіз накопиченого досвіду вторинного використання бетону в будівництві показує, що вже найближчим часом за рахунок проведення організаційних заходів, застосування раціональних технологічних схем переробки відходів бетону і залізобетону, використання більш сучасного обладнання і поліпшення якості заповнювача з дробленого бетону може бути забезпечена його конкурентоспроможність з природним щебенем.

Список використаних джерел

1. ГОСТ 13015-2012 Вироби бетонні і залізобетонні для будівництва. Загальні технічні вимоги. Правила приймання, маркування, транспортування і зберігання.

2. ДСТУ Б В.2.7-145:2008. Вироби бетонні тротуарні неармовані. Технічні умови.

3. Бурак М.П.,. Рищенко Т.Д. Будівельне матеріалознавство. Навчальний посібник. - Харків: ХНАМГ, 2007. - 130 с.

4. Гусев Б.В., Загурский В.А. Вторинне використання бетонів. М.: «Будвидав», 2008г. - 98 с.

УДК 624.016:624.042.65

РАЦІОНАЛЬНЕ БЕТОНОЗМІШУВАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ З ВИГОТОВЛЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТІВ

Гасенко А.В., Вірченко В.В.
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Вступ. Масштабна відбудова зруйнованої інфраструктури та житлового фонду України відбувається на тлі гармонізації європейських стандартів, зокрема ДСТУ EN 206:2018 та ДСТУ 9273:2024. На зміну єдиному критерію міцності на стиск прийшли комплексні вимоги до довговічності, водонепроникності, морозостійкості та стабільності характеристик суміші у часі. Виробництво багатокомпонентних бетонів високої та надвисокої міцності (HPC, UHPC, самоущільнювальних бетонів SCC) неможливе без застосування сучасного високотехнологічного бетонозмішувального устаткування. Традиційні гравітаційні методи змішування вичерпали свій ресурс: змішування нині розглядається як складний комплекс фізичних, хімічних і фізико-механічних процесів, що потребує механічної активації в'яжучого.

Метою роботи є розробка науково-методичних засад вибору та експлуатації ефективного бетонозмішувального обладнання з приготування будівельних сумішей, необхідних для створення попередньо напружуваних власною вагою сталезалізобетонних конструкцій за двостадійною технологією.

Основна частина. Досліджується двостадійна технологія влаштування монолітних нерозрізних попередньо напружених власною вагою монолітної бетонної плити сталезалізобетонних перекриттів як метод регулювання зусиль без додаткового армування чи енерговитратних механічних і термомеханічних методів попереднього напруження [1]. Технологія передбачає послідовне бетонування: спочатку формується середні прольоти нерозрізних перекриттів, обмежуючи ділянки зонами нульових моментів. На другому етапі бетонуються решта ділянок, де під власною вагою свіжоукладеного бетону перша черга прогинається вниз, створюючи попередні напруження. Реалізація цього методу вимагає високої якості бетонозмішувального устаткування задля отримання сумішей із прогнозованими реологічними та міцнісними властивостями.

Бетонозмішувачі з приготування бетонних сумішей для виготовлення плити сталезалізобетонних перекритттів класифікуються за режимом роботи (циклічні та безперервні) та за принципом дії (гравітаційні, гравітаційно-примусові й примусові) – див. табл. 1. Планетарні (протиточні) змішувачі забезпечують максимальну інтенсивність і активацію завдяки складеній траєкторії руху та високій однорідності, проте мають вищу вартість і енергоємність. Двовальні (турбулентні) змішувачі характеризуються високою продуктивністю та надійністю для великих об'ємів заповнювача, але складні в

обслуговуванні колових сумішей. Планетарні турбінні змішувачі досягають максимальної диспергації та грануляції для спеціальних сумішей [2].

Таблиця 1. Порівняння типів бетонозмішувачів

Тип змішувача	**Механізм змішування**	**Переваги**	**Обмеження**	**Основне застосування**
Планетарний	Конвекція + зсув (складна траєкторія)	Найвища гомогенність, робота з дрібними фракціями	Складність обслуговування, нижча продуктивність	Збірні ЗБВ, бруківка, архітектурний бетон
Двовальний	Турбулентність + псевдозрідження	Висока продуктивність, надійність, великий заповнювач	Знос ущільнень валів, складність з кольоровими сумішами	Товарний і дорожній бетон, масивні ЗБВ
Роторний	Диспергація + грануляція	Максимальна інтенсивність та активація	Висока вартість, енергоємність	UHPC, вогнетриви, спецсуміші

Теоретичні основи механічної активації в дисперсних системах. Механічна активація є процесом зміни реакційної здатності твердих речовин внаслідок накопичення структурних дефектів та зміни енергетичного стану поверхні під впливом механічної енергії. Процеси дезагломерації в примусових змішувачах руйнують зерна в’яжучого під дією високих напружень зсуву, збільшуючи ефективну площу поверхні гідратації на 20% без зміни тонкості помелу [3]. Відбувається руйнування первинних гідратних плівок у перші секунди контакту з водою, що відкриває вільний доступ води до ядра зерна. Ударна взаємодія лопатей з інертними заповнювачами (кварцовим піском) створює мікротріщини й дислокації, які слугують активними центрами кристалізації новоутворень у контактній зоні між цементним каменем і заповнювачем. Енергетична ефективність описується через енергію дисипації в одиниці об'єму суміші, де критичними параметрами є ефективна в'язкість суміші та градієнт швидкості зсуву.

Коливання вологості заповнювачів (особливо піску) створюють значні труднощі, а традиційні мікрохвильові датчики не завжди забезпечують необхідну точність. Сучасна парадигма базується на вимірюванні реологічних властивостей суміші безпосередньо всередині змішувача в реальному часі за допомогою систем на кшталт Viscoprobe (компанія Convi / група Skako). Активний сенсор системи Viscoprobe монтується на лопаті чи тримачі та вимірює силу опору під час руху через суміш, контролюючи в'язкість і межу плинності на основі реологічної моделі Бінгема. Комп'ютерне моделювання методом дискретних елементів (DEM) дозволяє розраховувати траєкторії руху кожної частинки, оптимізувати геометрію лопатей (оптимальний кут нахилу становить 45°) та ліквідовувати мертві зони без експериментальних спроб і

помилок. На рисунку 1 виконано порівняння набору міцності та однорідності бетонної суміші, отриманої різними бетонозмішувальними установками.

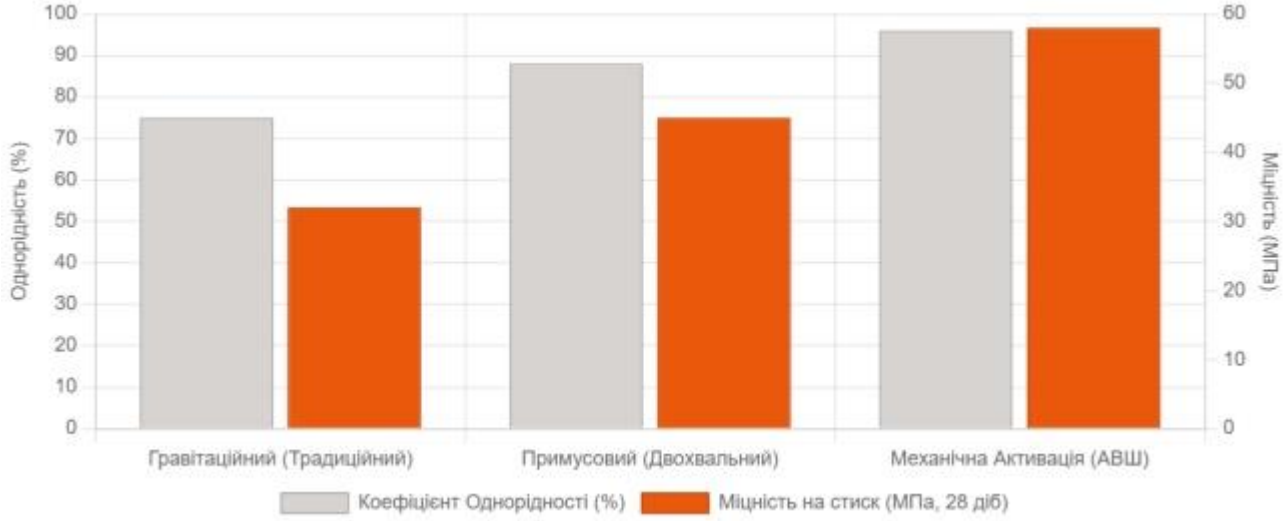


Рис. 1. Порівняння набору міцності та однорідності бетонної суміші, отриманої різними бетонозмішувальними установками

Висновки. Інтенсифікація перемішування дозволяє знизити витрати портландцементу на 10–15% за рахунок покращеного процесу реакції цементу з водою, а також ефективно утилізувати місцеві промислові відходи на кшталт зол і металургійних шлаків чи вторинно подрібнених будівельних матеріалів, отриманих під час демонтажу будівель. Скорочення індукційного періоду гідратації з 6 до 2 годин дозволяє пришвидшити розпалубку форм на заводах залізобетонних виробів та конструкцій без додаткових витрат енергії на тепловологу обробку. Перехід на інтенсивні змішувачі примусової дії та впровадження онлайн-моніторингу реології гарантують стабільну якість високоефективних бетонів, що є критичним для відбудови інфраструктури України керуючись європейськими вимогами.

Список використаних джерел

1. Hasenko, A.V., (2021). Previous self-stresses creation methods review in bent steel reinforced concrete structures with solid cross section. *Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering, 2* (57), 82-89. https://doi.org/10.26906/znp.2021.57.2589
2. Hasenko A., Frolov E., Vasyliev Ye. & Dariienko V. (2026). Rapid damaged-building restoration with efficient equipment for resource-saving steel-reinforced concrete structures. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Серія: Галузеве машинобудування. Кременчук, 1* (156), ч. 2, 91-100. https://doi.org/10.32782/1995-0519.2026.1.2.11
3. Барабаш І.В., Пірогов Д.О. (2023). Активація цементу і її вплив на структуроутворення цементовміщуючих композицій. *Modern construction and architecture. Series: Building materials and techniques, 6,* 82-89. https://doi.org/10.31650/2786-6696-2023-6-82-89

УДК 692.522

СУЧАСНІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ МІЖПОВЕРХОВОГО ПЕРЕКРИТТЯ У ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ

Желуденко К.В.

Вступ. Метою дослідження є аналіз сучасних рішень влаштування міжповерхового перекриття у житлових і громадських будинках, які відповідають найновішим трендам в будівництві.

Основна частина. Перекриття представляють собою горизонтальні огороджувальні конструкції будівель, що розділяють їх на поверхи. Як конструктивний елемент, забезпечують просторову жорсткість конструкції. Крім того, завданнями перекриття є: сприйняття і передавання постійних і тимчасових навантажень; захист приміщень від проникнення тепла і звуків; виконання ролі бар'єра перед вологістю, запахами і газами; охорона приміщень від розповсюдження вогню у випадку виникнення пожежі.

Перекриття характеризуються низкою технічних параметрів, які визначають доцільність застосування певного типу конструкцій на конкретному об'єкті будівництва. До основних параметрів належать: максимальний проліт (м); вага конструкції (кН/м^2); допустиме характеристичне навантаження (кН/м^2); товщина конструкції (см). Крім того, під час вибору типу перекриття необхідно враховувати тривалість і складність монтажних робіт, а також технологію їх виконання. Серед поширених конструктивних рішень можна виокремити монолітні залізобетонні плити, та збірно-монолітні перекриття типу TERIVA і FILIGRAN.

Улаштування монолітного перекриття дає змогу отримати суцільну конструкцію без стиків, геометричні параметри якої можна адаптувати до архітектурно-планувальних рішень будівлі. Таке перекриття складається із залізобетонної плити, яку бетонують безпосередньо на будівельному майданчику, та яка спирається на несучі стіни, колони або інші передбачені проєктом опорні конструкції [1, с. 37].

Для монолітних залізобетонних плит необхідно забезпечити належне обпирання на несучі конструкції. Величина опорної ділянки визначається залежно від матеріалу опори, конструктивної схеми та результатів розрахунку. Для захисту арматури від корозії необхідно передбачити нормативну товщину захисного шару бетону.

Влаштування монолітного перекриття є трудомістким процесом, оскільки передбачає монтаж опалубки та тимчасових опор, укладання арматури, бетонування й догляд за бетоном до досягнення необхідної міцності. Демонтаж опалубки та тимчасових опор виконують після досягненням бетоном міцності, достатньої для безпечного сприйняття наввантажень. Значні витрати праці і часу, повязані з виконанням цих робіт, зумовлюють доцільність розгляду

альтернативних рішень, зокрема збірно-монолітних перекриттів типу TERIVA та типу FILIGRAN.



Рис.1. Конструкція збірно-монолітного перекриття
а) типу «TERIVA»; б) типу FILIGRAN

Перекриття типу *«TERIVA»* призначене для будівництва житлових та громадських будівель. Конструкція такого збірно-монолітного перекриття складається з балок, заповнювальних блоків і монолітного шару бетону, який укладають на будівельному майданчику. Клас бетону та товщину монолітного шару визначають відповідно до вимог конкретної системи й результатів розрахунку. Балки перекриття мають просторове армування та призначені для роботи в складі збірно-монолітної конструкції. Заповнювальні блоки можуть виготовлятися з бетону, керамзитобетону та інших матеріалів залежно від різновиду системи. Допустимий проліт балок, характеристики блоків і вимоги до міцності визначаються типом перекриття, розрахунковими навантаженнями та технічною документацією виробника. Головними перевагами типу *«TERIVA»* є можливість ручного монтажу, швидкість і простота виконання, добрі акустичні і термічні характеристики. Порівняно з монолітними перекриттями їх улаштування за певних умов потребує менше часу, оскільки скорочується обсяг робіт з монтажу опалубки. Водночас до недоліків належить значна трудомісткість ручного укладання збірних блоків [1, с. 39].

Альтернативним варіантом є збірно-монолітне залізобетонне перекриття типу FILIGRAN. Воно складається зі збірної бетонної плити товщиною 5-7 см класу не менше С25/30, додаткового армування та шару монолітного бетону (бетону добетонування), з яким утворює єдину монолітну конструкцію. Збірний елемент містить робочу поздовжню арматуру, розподільчу арматуру та просторові сталеві ферми, що виступають над верхньою поверхнею плити. Товщина шару монолітного бетону, який укладається під час влаштування перекриття, не повинна бути меншою за 7 см через висоту просторових сталевих ферм. Збірні елементи з прольотом до 3,5 м необхідно спирати на

несучі стіни з глибиною обпирання від 0 до 3,5 см, використовуючи монтажні підпори.

Конструкція перекриття типу Filigran не потребує влаштування опалубки. Монтаж є відносно простим, однак необхідно дуже точно вирівняти плити за рівнем і застосувати системні монтажні підпори. Завдяки можливості використовувати плити різної довжини та особливостям самої технології виробництва можна виконувати перекриття складної форми (наприклад, трапецієподібної, трикутної або овальної), а також передбачати в них отвори, що є суттєвою перевагою цього рішення. Плити можна спирати на стіни, балки та колони, а також підвішувати до сусідніх плит [4, с. 24].

До недоліків цього рішення належать необхідність використання важкої будівельної техніки та залучення кваліфікованих працівників, оскільки монтаж потребує високої точності. Через невелику кількість компаній, що спеціалізуються на таких конструкціях, вартість доставки матеріалів може бути відносно високою.

Таблиця 1. Технічні параметри і переваги різних видів міжповерхового перекриття

Технічні параметри і переваги	**Монолітне залізобетонне перекриття**	**Часторебристе збірно-монолітне перекриття типу Teriva**	**Збірно-монолітне перекриття типу Filigran**
Максимальний проліт	До 6 м	7,2 м	12,6 м
Товщина перекриття	Мінімум 12 см	24 см	Мінімум 12 см
Товщина додаткового шару бетону	-	3 см	Мінімум 7 см
Власна вага	3,0 кН/м^2 (перекриття товщиною 12 см)	2,68 кН/м^2	3,75 кН/м^2 (перекриття товщиною 15 см)
Несучий елемент	Монолітна плита	Гратчасті балки, об’єднані з монолітним шаром бетону	Збірні плити, об’єднані з монолітним шаром бетону
Заповнення	-	Керамзитобетонні блоки	-
Крок балок/ширина плит	До 6 м	60 см	Максимально до 2,5 м
Термічний опір	R=0,071 м^{2}К/Вт (перекриття товщиною 12 см)	R=0,37 м^{2}К/Вт	R=0,088 м^{2}К/Вт (перекриття товщиною 15 см)
Спосіб влаштування підпирання	Суцільна опалубка з тимчасовим підпиранням стійками	Опори монтажні	Опори монтажні або безпосереднє опирання на стінах
Необхідність використання важкої техніки	ні	ні	так

Висновки. У результаті проведеного дослідження було розглянуто основні конструктивні особливості монолітних залізобетонних і збірно-монолітних перекриттів, визначено їхні переваги та недоліки, а також проаналізовано чинники, що впливають на вибір конструктивного рішення для будівель житлового та громадського призначення.

Монолітні залізобетонні перекриття характеризуються високою конструктивною цілісністю, можливістю реалізації різноманітних архітектурно-планувальних рішень і пристосування до складних конфігурацій будівель. Водночас їх улаштування потребує значних витрат праці та часу на монтаж опалубки, встановлення арматури, бетонування й догляд за бетоном до досягнення необхідної міцності. Збірно-монолітні перекриття, зокрема типу TERIVA та FILIGRAN, є альтернативою традиційним монолітним конструкціям. Їх застосування дає змогу оптимізувати виконання будівельно-монтажних робіт, зменшити обсяг окремих трудомістких процесів і, за відповідних умов, скоротити тривалість влаштування перекриття. Система TERIVA передбачає використання гратчастих балок і заповнювальних блоків із подальшим бетонуванням монолітного шару. Система FILIGRAN ґрунтується на застосуванні тонких збірних залізобетонних плит, які після монтажу доповнюють арматурою та бетонують на будівельному майданчику.

Порівняння зазначених конструктивних рішень свідчить, що вибір типу перекриття повинен ґрунтуватися на комплексному оцінюванні його характеристик. Основними критеріями є конструктивна схема, величина прольотів, власна маса, здатність сприймати навантаження, тепло- та звукоізоляційні властивості, складність і тривалість монтажу, потреба в спеціалізованій техніці, а також вимоги до оздоблення нижньої поверхні. Таким чином, під час проєктування перекриття необхідно враховувати не лише його конструктивні характеристики, а й технологічні можливості реалізації, вимоги майбутніх користувачів і загальну економічну доцільність. Комплексний підхід до оцінювання альтернативних систем перекриттів є важливою передумовою прийняття обґрунтованих проєктних рішень.

Список використаних джерел

1. Бондар А.В., Загіка В.М. Сучасні технології збірно-монолітних перекриттів для реконструкції громадських будівель. Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». 2020. С. 35 - 44.
2. Почапський М.Д., Помазан М.Д., Бутнік С.В. Вибір перспективної збірно-монолітної технології. Український журнал будівництва та архітектури, № 4 (034), 2026. С.124 – 134.
3. Разумова О.В., Котов М.А. Перспективи розширення області застосування збірного перекриття в громадському каркасному будівництві. Український журнал будівництва та архітектури, № 4 (034), 2026. С. 135 – 140.
4. Artur Kisiołek. Polski rynek rozwiązań stropowych – najpopularniejsze systemy, część II. Przegląd budowlany. 1/2018. С. 22 – 26.

УДК 69:004

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-ДРУКУ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ У КОНТЕКСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Кононенко Л. В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Необхідність раціонального використання природних ресурсів, скорочення будівельних відходів та зменшення екологічного впливу виробництва зумовлює пошук інноваційних технологічних рішень у будівельній галузі. Особливого значення ці завдання набувають в Україні, де масштабне руйнування житлового фонду та інфраструктури внаслідок повномасштабних військових дій поєднується з обмеженістю інвестиційних і матеріальних ресурсів. Дослідження взаємозв'язку ринку нерухомості та фондового ринку [1] актуалізує питання інвестиційного забезпечення повоєнного відновлення. Водночас результативність використання залучених ресурсів залежить не лише від фінансових механізмів, а й від технологічних рішень, що застосовуються у виробництві будівельних матеріалів та виробів.

Одним із перспективних напрямів модернізації будівельного виробництва є застосування технологій тривимірного друку (3D-друку), що ґрунтуються на пошаровому формуванні виробів відповідно до цифрової моделі. Адитивні технології створюють передумови для зменшення потреби в опалубці, оптимізації геометрії конструктивних елементів, автоматизації технологічних операцій та скорочення матеріальних втрат. Водночас їх застосування супроводжується технологічними обмеженнями, пов'язаними з вимогами до складу та властивостей будівельних сумішей, технічними можливостями обладнання, параметрами процесу друку, а також необхідністю забезпечення належних фізико-механічних та експлуатаційних характеристик готових виробів.

Застосування ресурсоефективних технологій 3D-друку узгоджується із завданнями реалізації Цілей сталого розвитку, зокрема ЦСР 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура», ЦСР 11 «Сталий розвиток міст і громад» та ЦСР 12 «Відповідальне споживання та виробництво». Водночас досягнення відповідних результатів потребує комплексного оцінювання технологічної, економічної та екологічної ефективності адитивного виробництва.

Метою дослідження є визначення та систематизація технологічних чинників і напрямів підвищення ресурсоефективності 3D-друку будівельних виробів, а також обґрунтування методичного підходу до оцінювання результативності їх застосування в контексті реалізації Цілей сталого розвитку.

Основна частина. Ресурсоефективність виробництва будівельних виробів розглядається як співвідношення корисного результату виробничого процесу та обсягу ресурсів, використаних для його досягнення. Для технологій

3D-друку її оцінювання має враховувати не лише матеріаломісткість виробів, а і витрати енергії та праці за умови забезпечення необхідних геометричних, фізико-механічних та експлуатаційних характеристик.

У дослідженні Zhao Z. та ін. [2] систематизовано напрями зменшення екологічного впливу 3D-друку бетону на трьох взаємопов'язаних рівнях: підготовки матеріалів, технологічного процесу та конструктивних рішень. На рівні матеріалів перспективними є застосування альтернативних в'яжучих і перероблених заповнювачів; на рівні виробничого процесу - оптимізація параметрів друку; на конструктивному рівні - удосконалення геометрії та зменшення надлишкового використання матеріалів. Водночас скорочення матеріаломісткості має забезпечуватися без погіршення необхідних фізико-механічних характеристик виробів.

Важливою умовою адитивного виробництва є забезпечення належних реологічних і технологічних властивостей будівельної суміші. Матеріал повинен зберігати здатність до перекачування та екструдування, забезпечувати формування геометрично стабільних шарів і достатнє міжшарове зчеплення. Зміна гранулометричного складу заповнювачів або часткове заміщення первинних компонентів вторинними матеріалами може впливати на водопотребу, рухливість суміші, швидкість структуроутворення та міцність після тверднення. Тому використання переробленої сировини потребує комплексного технологічного обґрунтування.

Важливість урахування механічних характеристик бетонних і залізобетонних конструкцій підтверджується дослідженням М. Г. Чекановича [3]. У праці «Надміцні залізобетонні колони» цим науковцем запропоновано технологію поздовжнього обтиску бетонного ядра та розглянуто вплив тверднення під тиском на міцність бетону. Незважаючи на той факт, що дослідження присвячене іншій технології виготовлення залізобетонних елементів, його результати демонструють значення умов формування матеріалу для забезпечення механічних характеристик конструкцій. Результати цього дослідження актуалізують необхідність оцінювання не лише економії матеріалів під час 3D-друку, а і відповідності виготовлених виробів установленим вимогам до міцності та експлуатаційної надійності.

У контексті реалізації Цілей сталого розвитку підвищення ресурсоефективності пов'язане зі скороченням споживання матеріалів, повторним використанням будівельних елементів і переробленням відходів. Timm K., de Villiers W. та van Zijl G. [4] дослідили можливості реалізації принципів *Reduce, Reuse, Recycle* у технологіях 3D-друку бетону. Авторами визначено потенціал зменшення матеріаломісткості шляхом геометричної оптимізації конструкцій і використання перероблених компонентів у будівельних сумішах.

Для України перспективним напрямом є використання придатних компонентів відходів будівництва та знесення, зокрема утворених унаслідок руйнування будівель і споруд. Їх залучення до адитивного виробництва

потребує попереднього сортування, очищення, подрібнення, контролю гранулометричного складу та перевірки на наявність небезпечних домішок. Водночас технологічна придатність вторинних матеріалів має визначатися з урахуванням властивостей будівельної суміші та необхідних характеристик готової продукції.

Підвищення ресурсоефективності технологій 3D-друку будівельних виробів може сприяти реалізації окремих завдань Цілей сталого розвитку. Зокрема, технологічна модернізація будівельного виробництва узгоджується із ЦСР 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура»; використання ресурсоефективних конструктивних рішень під час відновлення житлового фонду - із ЦСР 11 «Сталий розвиток міст і громад»; скорочення матеріаломісткості та залучення вторинної сировини - із ЦСР 12 «Відповідальне споживання та виробництво».

Кількісне оцінювання потенційних переваг адитивного виробництва представлено в дослідженні Zhang H. та ін. [5], у якому порівняно конструктивні системи із застосуванням 3D-друкованого бетону та традиційні кам'яні конструкції для шестиповерхових житлових будинків. За результатами дослідженого сценарію встановлено зниження витрат на 16,9 %, зумовлене, зокрема, скороченням потреби в робочій силі на 64,1 %. Зменшення впливу на навколишнє середовище досягало 72,5 %, насамперед завдяки використанню бетонної суміші з низьким вмістом цементу та додаванням перероблених заповнювачів. Водночас отримані цими науковцями результати характеризують конкретні умови дослідження та не можуть безпосередньо поширюватися на всі види будівельних виробів.

На основі узагальнення наукових досліджень запропоновано методичний підхід до порівняльного оцінювання окремих складових ресурсоефективності, що передбачає три технологічні сценарії:

А - традиційне виготовлення будівельного виробу з первинної сировини;

Б - виготовлення функціонально еквівалентного виробу методом 3D-друку з первинної сировини;

В - виготовлення функціонально еквівалентного виробу методом 3D-друку з частковим використанням придатної вторинної сировини.

Порівняння сценаріїв А і Б дозволяє оцінити зміну матеріаломісткості внаслідок застосування адитивної технології, тоді як зіставлення сценаріїв Б і В - визначити скорочення потреби в первинній сировині за рахунок її часткового заміщення вторинними матеріалами. Для цього доцільно використати такі показники:

$$E_т = \frac{МА - МБ}{МА} x100\% \qquad (1)$$

$$E_с = \frac{РБ - РВ}{РБ} x100\% \qquad (2)$$

де: $E_т$ – відносне зменшення матеріаломісткості внаслідок

застосування 3D-друку, %;

МА, МБ – загальна маса матеріалів, витрачених на виготовлення функціонально еквівалентного виробу за сценаріями А і Б відповідно, кг;

E_c – відносне скорочення споживання первинної сировини, %;

РБ, РВ - маса первинної сировини, використаної за сценаріями Б і В відповідно, кг.

Для забезпечення коректності розрахунків порівнювані вироби мають відповідати однаковим функціональним вимогам, а облік витрат матеріалів - здійснюватися в межах аналогічного виробничого процесу, включаючи технологічні втрати. Запропоновані показники характеризують різні складові ресурсозбереження, тому їх значення не можна підсумовувати.

Комплексне оцінювання ресурсоефективності потребує додаткового врахування енергоспоживання, трудомісткості, тривалості виробничого циклу, собівартості та екологічного впливу. Особливого значення набуває дотримання принципу функціональної еквівалентності, оскільки зменшення витрат матеріалів шляхом погіршення необхідних експлуатаційних характеристик не може вважатися обґрунтованим підвищенням ресурсоефективності.

Висновки. Основними напрямами підвищення ресурсоефективності технологій 3D-друку будівельних виробів є оптимізація їх геометрії, удосконалення складу будівельних сумішей, раціоналізація технологічних параметрів друку та часткове заміщення первинної сировини вторинними матеріалами.

Список використаних джерел

1. Кононенко Л. В., Савченко В. М., Остапенко О. М. Ринок нерухомості та фондовий ринок: порівняльний економічний аналіз та взаємозв’язок у контексті перспектив повоєнного відновлення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2026. Вип. 27. DOI: https://doi.org/10.32782/2708-0366/2026.27.4
2. Zhao Z., Ji C., Xiao J., Yao L., Lin C., Ding T., Ye T. A critical review on reducing the environmental impact of 3D printing concrete: Material preparation, construction process and structure level. *Construction and Building Materials*. 2023. Vol. 409. Art. 133887. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133887
3. Чеканович М. Г. Надміцні залізобетонні колони. *Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє : зб. наук. пр. 2020. Вип. 3*. С. 67-69. URL: https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/5508
4. Timm K., de Villiers W., van Zijl G. 3D Concrete Printing in the Waste Hierachy: Reduce, Reuse and Recycle. *Circular Economy and Sustainability*. 2026. Vol. 6. Art. 110. DOI: https://doi.org/10.1007/s43615-026-00862-x
5. Zhang H., Liu X., Xiao J., Ji G., Zhang S., Hsu S.-C., Poon C.-S. Comparative eco-efficiency assessment of 3D-printed recycled aggregate concrete structure for mid-rise residential buildings. *Journal of Building Engineering*. 2024. Vol. 95. Art. 110349. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110349

УДК 628.312.5:662.63:691

УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД З ВИГОТОВЛЕННЯМ БІОПАЛИВА ТА ОДЕРЖАННЯМ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Кравченко В.І., Крючков Ю.М.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. На станціях очищення стічних вод утворюються, окрім очищеної води, група речовин, яку називають осадами стічних вод (ОСВ). Для обробки великих об'ємів стічних вод використовують системи очищення, засновані на утворенні активного мулу або мулового осаду, який залишається роками на звалищах, які потрібно переробляти.

Поводження з ОСВ є однією з найбільш серйозних проблем у сфері управління стічними водами. Існуючі мулові майданчики негативно впливають на навколишнє середовище, виділяючи при цьому такі забруднюючі речовини як оксид азоту та вуглецю, фенол, аміак, діоксид сірки, сірководень і парниковий газ метан.

Зазначена проблема, особливо їх утворення та накопичення, є актуальною як в Україні, так і у інших країнах світу. Так, наприклад, тільки на очисних спорудах обласного комунального виробничого підприємства «Дніпро-Кіровоград» у м. Кропивницький щорічно утворюється до 3500 т мулу, а в цілому по Україні кількість накопиченого осаду сягає більше 5 млрд т, до яких щороку додається ще 3 млн. т нових осадів [1].

Таким чином, роль обробки осадів на станціях очищення стічних вод з наступною їх утилізацією є не менш важливою, ніж сама технологія очищення стоків, оскільки осад містить шкідливі для людини та природи речовини, збудники захворювань, і до того ж утворюються у значних об'ємах. З іншого боку, осад містить цінні елементи, що можуть бути утилізовані як джерело енергії.

Основний текст. Вибір раціональної технологічної схеми та способу утилізації ОСВ є складною не тільки інженерно-економічною задачею, але й екологічною. В Україні використання ОСВ як добриво, обмежується (5%) наявністю у них забруднень бактеріального характеру (яйця гельмінтів, плісняви, грибів тощо), вмістом токсичних сполук, зокрема солей важких металів та мікроелементів (Mn, Mo, Co та ін.), які шкідливо впливають на рослини та якість сільськогосподарської продукції

Останнім часом було впроваджено низку сучасних технології, що пропонують альтернативний підхід до утилізації ОСВ [2]. Так, оскільки теплотворна здатність сухого ОСВ знаходиться в межах від 10 до 14,5 МДж/кг, що приблизно дорівнює теплоті згоряння бурого вугілля [3], технологію термічної утилізації можна застосовувати на промислових та комунальних підприємствах.

Процес розповсюдження метода спалювання мулових осадів в Україні і світі стримується їх високою вологістю, що можна вирішити із застосуванням сучасного сушильного обладнання.

Оскільки у складі мулових осадів міститься достатня кількість мінеральних складників [4], то з використанням процесу спалювання осаду також отримують золу, яку потім можна успішно використовувати для виробництва будівельних матеріалів.

Найбільш рентабельним та перспективним способом переробки осадів для України в умовах енергетичної кризи може стати використання ОСВ у якості палива у вигляді гранул (пелет) або брикетів.

Для проведення експериментальних досліджень обласним комунальним виробничим підприємством (ОКВП) «Дніпро-Кіровоград» в м. Кропивницький було надано осад після центрифугування вологістю 70-75%. Після термічної обробки зразки руйнувалися з утворенням окремих частинок, з яких переважна кількість (60-70 %) мала розміри 3-5 мм і вологість 16 % (рис. 1*а*).

При експериментальних дослідженнях виготовлення пелет з ОСВ застосовувалася наступна технологічна послідовність:

- підсушування ОСВ;
- здрібнення ОСВ;
- пресування у закриту матрицю;
- дослідження поверхні пелет;
- визначення зольності виготовлених пелет.



а *б* *в*

Рис. 1: *а* - загальний вигляд наданих зразків мулових осадів після їх термічної механічної обробки; *б* - зразок гранули палива, виготовленого з ОСВ (d = 16 мм, h = 30 мм), виготовленого з мулових осадів при тиску 130 МПа; *в* - вид зольного залишку після згоряння

За результатами експериментів по виготовленню пелет визначено, що в пресовому пристрої з вертикальним пуансоном і закритою матрицею, при застосуванні осадів вологістю 16 % при кінцевих тисках 130…217 МПа утворюються зразки біопалива, які мають доволі гладку бокову поверхню (рис. 1*б*) та високу щільність: 1,22-1,26 г/см^3.

Зольні залишки після згоряння пелет з мулових осадів (при температурі ≤ 800 ° С) на суху масу ОСВ склав 35,3 %. Вони мали крихку структуру і при незначних зусиллях легко руйнувалися з переходом у дрібнодисперсний стан (рис. 1 *в*).

Висновки. Запропонована технологія утилізації осадів стічних вод, що утворюються на очисних спорудах обласного комунального виробничого підприємства (ОКВП) «Дніпро-Кіровоград», шляхом виготовлення з них гранульованого біопалива у вигляді пелет, термохімічної їх переробки та одержання зольних залишків, які можна використовувати як сировину для будівельних матеріалів.

Визначено на основі експериментальних даних, що зольність на суху масу осаду після центрифугування склала 35,3 %.

Застосування ОСВ у вигляді пелет для спалювання та газифікації в промислових і комунальних енергетичних установках дозволить виробляти теплову та електричну енергію.

Запропонована технологія дозволить комплексно розв'язувати проблеми ресурсозбереження, енергоефективності та захисту довкілля: утилізувати осади стічних вод, знизити собівартість продукції будівництва і скоротити витрати природних мінералів та паливно-енергетичних ресурсів.

Отже порівняно з традиційними ресурсами, використання зольних залишків після термохімічної переробки ОСВ як сировинних матеріалів у будівельних сумішах може сприяти виявленню резервів для отримання нових матеріалів і забезпечить зниження собівартості будівництва.

Література

1. Кравченко В.І., Білоус Ю.В., Кравченко В.П. Створення та обгрунтування композитного палива на основі осаду стічних вод. Технічні науки. Херсон: ХДАЕУ. 2023. Вип. 3. С. 88-94. URL: http://journals.ksauniv.ks.ua/index.php/tech/article/view/403
2. Malhozhata V. ta Mariush T. Production of solid biofuel from city sewage sludge. *Technical and economic optimization.* 2015. Vol. 33(8). URL: https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0734242X15588584
3. Хруник С.Я., Мазурак О.Т., Саницький М.А., Рецько К. Енергетичне використання осадів стічних вод у цементній промисловості. // Львівський політехнічний університет. 2013. С. 457-461. - URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/4758/81-457-461.pdf.
4. Сорокіна К. Б. «Процеси та обладнання для обробки осадів» і «Технологія переробки та утилізації осадів». Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології. Харків: ХНУМГ. 2017. 116 с.

УДК 711.4

ФОРМУВАННЯ БЕЗБАР'ЄРНОГО ПІШОХІДНОГО МАРШРУТУ В УМОВАХ СФОРМОВАНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ (НА ПРИКЛАДІ М. КРОПИВНИЦЬКОГО)

Бойко В.В., Будніков М.Є., Григорчук Г. В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Формування безбар’єрного міського середовища в умовах сформованої забудови пов’язане з необхідністю усунення просторових перешкод та забезпечення безперервності пішохідних маршрутів. Особливу складність становить реорганізація вулиць з обмеженою шириною поперечного профілю, де пішохідний рух необхідно узгоджувати з транспортними функціями. Актуальність дослідження зумовлена потребою створення доступного, безпечного та комфортного міського середовища для всіх груп населення, відповідно до міжнародних стандартів [4], зокрема людей з інвалідністю та інших маломобільних груп. Метою дослідження є розроблення концептуальної архітектурно-планувальної пропозиції щодо формування безбар’єрного пішохідного маршруту в умовах сформованої забудови м. Кропивницького.

Основна частина. Проблеми функціонально-просторової реорганізації сформованого міського середовища досліджували Ю. Філіпчук, О. Дмитраш і С. Дмитраш [3] Автори розглядають проблеми стихійного паркування, фрагментарного використання громадських просторів та недостатньої узгодженості функціональних зон. Серед напрямів реорганізації визначено модернізацію пішохідної інфраструктури, збалансоване функціональне зонування та формування безбар'єрного простору. Формування безбар'єрних маршрутів у сформованому міському середовищі передбачає узгодження пішохідного та транспортного руху, організації паркування, доступності громадських будівель і зупинок громадського

В Україні формування безбар’єрного міського середовища підтримується на державному рівні. З цією метою започатковано флагманський проєкт Міністерства розвитку громад та територій України «Рух без бар’єрів» [2]. Проєкт передбачає створення безперервних маршрутів, що поєднують соціально значущі об’єкти міської інфраструктури.

Одним із міст — учасників проєкту «Рух без бар’єрів» є Кропивницький, де визначено безбар’єрний маршрут протяжністю 1,5 км [5]. Оскільки маршрут охоплює лише окрему частину міста, у роботі запропоновано концептуальний підхід до формування додаткового безбар’єрного пішохідного сполучення від обласної дитячої лікарні на вулиці Героїв Маріуполя до площі Богдана Хмельницького протяжністю близько 1,6 км. Пропозиція передбачає функціонально-планувальну реорганізацію вуличного простору з урахуванням наявної забудови, пішохідного та транспортного руху.

В основі пропозиції концепція універсального дизайну, що базується на соціальній моделі інвалідності, згідно з якою середовище має адаптуватися до потреб людини, а не людина до перешкод середовища[1].

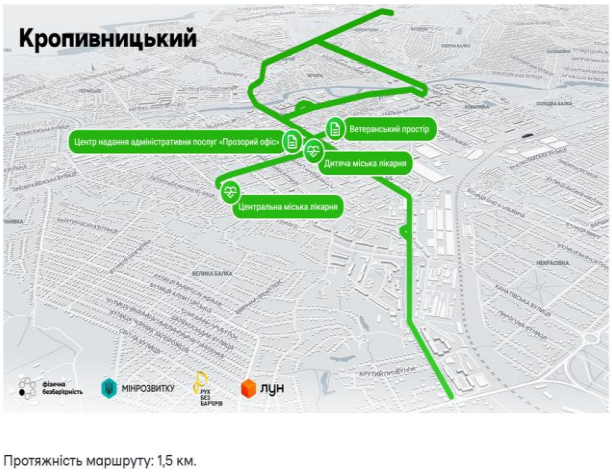


Рис.1. Безбар'єрний маршрут у м. Кропивницькому в межах проєкту «Рух без бар'єрів» (протяжність 1,5 км)

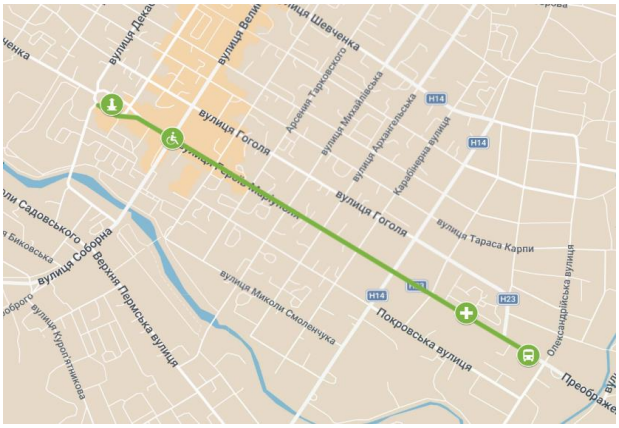


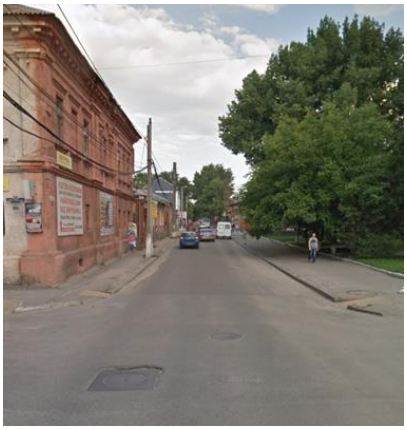
Рис.2. Запропонований маршрут протяжністю 1,6 км, що пропонується

Проведений просторовий аналіз зафіксував такі вихідні параметри: загальна ширина вулиці від фасаду до фасаду становить приблизно 10 метрів, ширина проїзної частини складає в середньому 6–7 метрів. Вулиця є односторонньою, характеризується високою інтенсивністю руху громадського транспорту.

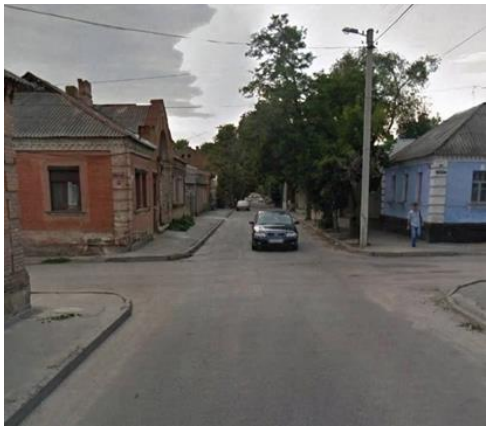
Серед виявлених проблем — стихійне паркування автомобілів уздовж проїзної частини, обмеження ширини пішохідних зон, недостатня пристосованість окремих зупинок громадського транспорту до потреб маломобільних груп населення. Додаткові перешкоди виникають біля входів до будівель, де перепади висот ускладнюють облаштування доступних маршрутів.

Для досліджуваної ділянки запропоновано асиметричну функціонально-планувальну реорганізацію вуличного простору, що передбачає перерозподіл наявної ширини між пішохідними зонами, проїзною частиною та локальними місцями паркування.

Ширину проїзної частини запропоновано визначити в межах 3,5–3,75 м зі збереженням одностороннього транспортного руху. Загальна ширина 10 м.



а. правий бік вулиці за напрямком руху транспорту



б. лівий бік вулиці за напрямком руху транспорту

Рис. 3. Сучасний стан вуличного простору досліджуваного маршруту в м. Кропивницькому (фото авторів)

Для впорядкування зупинок громадського транспорту пропонується визначити місця посадки та висадки пасажирів з орієнтовним інтервалом 300–400 м, передбачивши відповідні дорожні знаки й розмітку та обмеження стоянки приватних автомобілів у цих зонах.

З лівого боку вулиці пропонується організація пішохідної, паркувальної та рекреаційної зон. Пішохідна зона передбачає облаштування безперервного тротуару шириною 2,0 м.. Між тротуаром і проїзною частиною розміщення локальних паркувальних кишень шириною 2,3–2,5 м без звуження основного пішохідного проходу. Рекреаційні зони формуються з інтервалом 70–100 м шляхом заміни окремих паркувальних місць майданчиками відпочинку з лавками та простором для маневрування крісел колісних. Доступ до майданчиків передбачається безпосередньо з тротуару, без перетину паркувальної смуги. Для забезпечення доступності входів до будівель розглядається використання вертикальних підіймальних платформ на ділянках, де облаштування нормативних пандусів обмежене особливостями сформованої забудови.

Центральна зона. Ширина проїзної частини жорстко фіксується в межах 3,5–3,75 метри. Прямолінійна траєкторія руху виключає необхідність перебудування великих автобусів КП Електротранс, що усуває затримки на маршруті. Таке планувальне рішення повністю задовольняє габаритні вимоги спеціального транспорту екстреної медичної допомоги, максимальна ширина якого не перевищує 2,6 метри, а ліквідація хаотичного паркування забезпечує автомобілям швидкої допомоги пряму та безперешкодну траєкторію руху до медичного комплексу.

Для забезпечення доступності входів до будівель запропоновано диференційований підхід до подолання перепадів висот. За наявності достатнього простору передбачається облаштування нормативних пандусів. На ділянках, де їх розміщення обмежене габаритами тротуару або особливостями

забудови, розглядається можливість використання вертикальних підіймальних платформ.

Попередня оцінка концептуальної пропозиції. За мінімальних запропонованих параметрів сумарна ширина двох тротуарів (по 2,0 м), проїзної частини (3,5 м) та паркувальної смуги (2,3 м) становить 9,8 м. За максимальних значень вона досягає 10,25 м. В місцях де ширина вулиці зменшується, можна звузити пішоходні зони з 2 метрів до 1,8 метра, згідно ДБН це мінімальна ширина тратуару для того щоб розминулось 2 крісла колісних [1], таким чином в нас є 40 см запасу. Отже, можливість розміщення всіх функціональних зон залежить від фактичної ширини окремих ділянок вулиці. Для уточнення планувальної моделі передбачено розроблення характерних поперечних профілів і перевірку їх відповідності чинним будівельним нормам.

Висновки. Для формування додаткового безбар’єрного пішохідного маршруту від обласної дитячої лікарні до площі Богдана Хмельницького в м. Кропивницькому запропоновано концепцію функціонально-планувальної реорганізації вуличного простору. Основою пропозиції є перерозподіл території між пішохідними та транспортними зонами з урахуванням особливостей сформованої забудови.

Концептуальне рішення передбачає організацію безперервних пішохідних зон, упорядкування паркування, удосконалення зупинок громадського транспорту, облаштування місць короткочасного відпочинку та застосування альтернативних засобів подолання перепадів висот. Запропоновані підходи можуть бути використані для розробки проектного рішення

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Київ : Мінрегіон України, 2018. 64 с.
2. Національна стратегія зі створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.04.2021 № 366-р. Київ, 2021. 27 с.
3. Філіпчук Ю., Дмитраш О., Дмитраш С. Гармонізація міського середовища в житлових районах: виклики та перспективи. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Архітектура. 2025. Вип. 2. С. 191–200.
4. Конвенція ООН про права осіб з інвалідністю : міжнародний документ від 13.12.2006 р. // Офіційний вісник України. 2010. № 17. С. 799.
5. https://mininfra.gov.ua/diialnist/bezbarierni-marshruty/kropyvnytskyi-rukh-bez-barieriv

УДК 72:159.9

НЕЙРОАРХІТЕКТУРА: ВПЛИВ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПСИХОЛОГІЧНИЙ СТАН ТА ПОВЕДІНКУ ЛЮДИНИ

Бурлака Д. В., Григорчук Г. В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Архітектурне середовище формує умови повсякденного життя: визначає доступ до денного світла, можливості усамітнення, спілкування та орієнтування у просторі. Тому якість будівлі доцільно оцінювати також за тим, як її сприймають і використовують люди. Для України це питання актуальне під час відновлення житла, закладів освіти та громадських просторів. Нейроархітектура поєднує архітектурне проєктування з вивченням когнітивних та емоційних реакцій людини [1]. Мета роботи - узагальнити наукові дані про вплив просторових характеристик на психологічний стан і поведінку та визначити напрями їх застосування. Методика ґрунтується на порівняльному аналізі чотирьох наукових публікацій і синтезі проєктних рекомендацій.

У нейроархітектурному підході простір розглядають як сукупність взаємо-пов’язаних подразників, які людина сприймає через зір, слух, дотик і рух. Водночас слід розрізняти емоційну оцінку приміщення, фізіологічну реакцію та спостережувану поведінку. Відчуття приємності ще не свідчить про поліпшення уваги або бажання довше перебувати всередині. Таке розмежування дає змогу точніше формулювати завдання проєктування: підтримати зосередження, полегшити пошук маршруту чи забезпечити можливість відпочинку. Приклад денного освітлення та пластичної організації навчального простору наведено на рис. 1.



Рис. 1. Інтер’єр Rolex Learning Center, Лозанна. Фото: Hpschaefer (reserv-art.de), Wikimedia Commons (CC BY-SA 3.0)

Денне світло є одним із досліджених чинників якості внутрішнього середовища. У пілотному дослідженні М. Бубекрі та співавторів порівнювали 49 офісних працівників, а для 21 учасника додатково застосували актиграфію - реєстрацію рухової активності для оцінювання сну та неспання. Працівники з доступом до вікон мали кращі окремі показники самопочуття та якості сну, а в

підгрупі з інструментальними вимірюваннями - більшу тривалість сну [2]. Дослідження виявляє зв'язок між умовами освітлення й самопочуттям, проте невелика вибірка та спостережний дизайн обмежують причинні висновки.

Для проєктування навчальних і робочих приміщень із цих даних випливає доцільність розміщення місць тривалого перебування поблизу джерел денного світла. Водночас площу скління слід узгоджувати із захистом від засліплення та перегрівання. Регульоване затінення й місцеве освітлення дають користувачеві змогу пристосовувати робоче місце до конкретного завдання. Оцінювання такого рішення має враховувати фактичне освітлення на робочій поверхні та відгуки людей у різний час доби.

Значення має також характер виду з вікна. Р. Ульріх проаналізував записи про відновлення після операції у двох зіставлених групах по 23 пацієнти. Пацієнти, які бачили дерева, мали коротшу тривалість післяопераційного перебування та потребували менше сильних знеболювальних порівняно з пацієнтами, чиї вікна виходили на цегляну стіну [3]. Результат стосується конкретних лікарняних умов і не доводить однакового ефекту будь-якого озеленення. Для архітектури він обґрунтовує увагу до видимості природного оточення з приміщень тривалого перебування.

Практичним напрямом є поєднання внутрішніх зон відпочинку з озелененими подвір'ями, доступними терасами або видами на дерева. Під час реконструкції варто перевіряти, чи зберігається такий вид із положення сидячи, зокрема для маломобільних користувачів. Рослини в інтер'єрі можуть доповнювати це рішення, однак їхню наявність не слід автоматично прирівнювати до результатів дослідження природного виду з вікна. Важливими залишаються догляд, доступність простору та відповідність його призначенню. Приклад інтеграції рослин у громадський інтер'єр показано на рис. 2.

Геометрія приміщення впливає на його естетичне сприйняття, але цей вплив має межі. В експерименті О. Вартаняна та співавторів із функціональною магнітно-резонансною томографією учасники частіше оцінювали зображення криволінійних інтер'єрів як красиві. Водночас форма контуру не впливала на рішення наблизитися до простору або уникнути його [4]. Отже, округлі форми можна розглядати як один із засобів композиції, проте результати не дають підстав оголошувати їх універсальним способом зниження тривожності чи керування поведінкою.

Організація маршрутів пов'язана з іншою характеристикою - когнітивним навантаженням, тобто розумовими зусиллями, потрібними для виконання завдання.



Рис. 2. Внутрішній сад Barbican Conservatory, Лондон. Фото: Atreides83, Wikimedia Commons (CC BY 4.0)

Складне планування, візуальне перевантаження та незрозуміла навігація можуть вимагати додаткової уваги [1]. Тому для громадських будівель доцільно передбачати видимі входи, зрозумілі точки вибору напрямку та послідовну систему позначень.

Наприклад, у навчальному корпусі маршрут від входу до аудиторії можна перевіряти за часом пошуку, кількістю помилкових поворотів і потребою звертатися по допомогу.

Сенсорний комфорт потребує узгодження освітлення, акустики та просторового зонування. Як проєктну рекомендацію пропонується відокремлювати ділянки активного спілкування від місць зосередженої роботи, передбачати звукопоглинальні поверхні та спокійні зони короткого відпочинку. Кольори й фактури слід добирати з урахуванням контрастності, відблисків і функції приміщення. Твердження про однаковий психологічний вплив певного кольору на всіх людей потребують окремої перевірки. Корисною є можливість вибору між відкритими місцями для взаємодії та більш відокремленими місцями для індивідуальної діяльності.

Для українських проєктів відновлення пропонується оцінювати психологічний комфорт уже на етапі формування завдання. У школі це може бути доступне місце перепочинку поза основним потоком руху; у громадській будівлі - зрозуміла зона очікування з різними варіантами розміщення. Такі рішення необхідно поєднувати з безбар’єрністю та вимогами безпеки. Потреби дітей, людей старшого віку й користувачів із різною сенсорною чутливістю варто з’ясовувати через консультації та випробування варіантів планування.

Перевірка проєктних гіпотез має поєднувати характеристики середовища з досвідом користувачів. Доцільно зіставляти вимірювання освітлення й шуму, спостереження за маршрутами та опитування щодо комфорту. Віртуальні

моделі можуть допомагати порівнювати варіанти до будівництва. Проте огляд 2026 року вказує на обмеженість перевірок нейроархітектурних підходів у реальних умовах [1].

Тому оцінювання після заселення або введення будівлі в експлуатацію потрібне для уточнення рішень. У цій роботі запропоновано напрями такого оцінювання; власні експериментальні вимірювання не проводилися.

Аналіз публікацій дає підстави враховувати доступ до денного світла, природні види, геометрію та зрозумілість планування під час оцінювання якості архітектурного середовища. Результати окремих досліджень слід застосовувати з урахуванням їхніх методів і контексту. Практичний внесок роботи полягає в узагальненні рекомендацій для навчальних та громадських будівель: забезпечувати регульоване освітлення, доступ до природного оточення, читабельні маршрути й вибір місць для різних видів діяльності. Подальша перевірка цих рішень у реальних українських об’єктах має поєднувати вимірювання середовища, поведінкові показники та оцінки користувачів.

Список використаних джерел

1. Núñez Ávila A. G., Quizhpi Campoverde L. M., Macas Aguilar K. Y. et al. Neuro-science-informed approaches in architectural design: a systematic review of cognitive measures and interactive technologies from an HCI perspective. Frontiers in Com-puter Science. 2026. Vol. 8. Article 1819538.
URL: https://doi.org/10.3389/fcomp.2026.1819538
2. Boubekri M., Cheung I. N., Reid K. J., Wang C.-H., Zee P. C. Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers: a case-control pilot study. Journal of Clinical Sleep Medicine. 2014. Vol. 10, no. 6. P. 603-611.
URL: https://doi.org/10.5664/jcsm.3780
3. Ulrich R. S. View through a window may influence recovery from surgery. Sci-ence. 1984. Vol. 224, no. 4647. P. 420-421.
URL: https://doi.org/10.1126/science.6143402
4. Vartanian O., Navarrete G., Chatterjee A. et al. Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions in architecture. Proceedings of the Na-tional Academy of Sciences. 2013. Vol. 110, suppl. 2. P. 10446-10453.
URL: https://doi.org/10.1073/pnas.1301227110

УДК 711.455:712

ЛАНДШАФТНО-ОРІЄНТОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТУРИСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Вірчак Є.С., Григорчук Г.В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Розвиток туристичної інфраструктури в межах природних територій потребує врахування особливостей існуючого ландшафту. Будівництво туристичних комплексів у прибережних, гірських і лісових районах нерідко супроводжується зміною природного рельєфу, пошкодженням рослинного покриву та порушенням екологічної рівноваги. Водночас саме природне оточення значною мірою визначає туристичну привабливість цих територій. Тому одним із завдань архітектурного проєктування стає пошук рішень, які дозволяють розвивати туристичну інфраструктуру зі збереженням характерних особливостей ландшафту. Такий підхід лежить в основі ландшафтно-орієнтованого проєктування, за якого розміщення будівель, їхня форма та просторова організація узгоджуються з рельєфом, наявною рослинністю й природними умовами ділянки.

Метою дослідження є визначення особливостей ландшафтно-орієнтованого проєктування туристичних комплексів на основі порівняльного аналізу об’єктів InterContinental Shanghai Wonderland та Amangiri Resort.

Основна частина. Розвиток туристичних комплексів ґрунтується на природних умовах та ресурсному потенціалі території. Вони визначають розташування споруд, планування відпочинку, розвиток інфраструктури. На етапі проєктування проводять оцінку природних особливостей і ресурсів ділянки для визначення можливостей їх раціонального використання зі збереженням природного середовища.

Ландшафтно-орієнтоване проєктування туристичних комплексів передбачає врахування природних особливостей території на всіх етапах розроблення проєкту. До провідних факторів ландшафтного проєктування відносяться особливості рельєфу, клімату, рослинності, гідрологічних об'єктів, а також особливості будівництва в даній місцевості. Особливо важливо зберегти природну цілісність території.. Розташування й об’ємно-просторове вирішення споруд узгоджують із характером ландшафту, намагаючись мінімізувати втручання в його природну структуру. [5; 6].

У процесі озеленення необхідно використовувати рослини які характерні для даної території. Зелені насадження легше адаптуються до природних умов даної території. Крім того такий підхід допомагає зберегти природну виразність території [3].

Яскравим прикладом використання в архітектурі природних особливостей місця є InterContinental Shanghai Wonderland в Шанхаї (Китай). Проєкт готелю розробило архітектурне бюро JADE+QA під керівництвом

архітектора Мартіна Йохума. Готель розташований в колишньому кар'єрі глибиною 88 метрів. Природні скельні утворення та водоспад стали ключовими декоративними елементами готелю. Дзеркальні та скляні фасади відображають схили та поверхню штучного озера. Є панорамні вікна які дають вид на природу. Нижня частина будівлі розташована під водою що створює унікальне візуальне сприйняття. Цей приклад доводить що природні особливості місця можуть стати значним компонентом архітектурного концепту (рис.1)[9].



а) загальний вигляд InterContinental Shanghai Wonderland

б) вид на InterContinental Shanghai Wonderland з висоти пташиного польоту

Рис.1. Проєкт InterContinental Shanghai Wonderland (Шанхай, Китай, 2018 р.)[10]

Раціональне використання території є одним з основних принципів ландшафтно-орієнтованого проєктування. У процесі проєктування визначають зони для розміщення туристичних об’єктів, закладів харчування, пішохідних маршрутів і відпочинку. При цьому враховують необхідність збереження унікальних природних ділянок [6].

Іншим важливим моментом в процесі проєктування є естетична оцінка ландшафту. Створення привабливого середовища залежить не тільки від архітектурних споруд. Панорамні види, освітлення, зелені насадження та водні елементи визначають естетику всієї території. Єдність всіх цих елементів визначає сприйняття всього туристичного комплексу. Ландшафтний дизайн органічно пов'язаний з навколишньою природою і підвищує її естетичні якості [3].

Ландшафтно-орієнтоване проєктування також передбачає врахування культурних особливостей регіону. Архітектурний дизайн туристичного комплексу має відповідати особливостям регіону. Для цього доцільно використовувати будівельні матеріали регіону, його декоративні особливості та архітектурні форми [4].

Забезпечення екологічної безпеки є одним із завдань проєктування туристичних комплексів. Створення об'єктів для туризму може призвести до зникнення рослинності та зміни природного ландшафту. Особливо це стосується інтенсивного освоєння прибережних територій. Тому перед початком будівельних робіт необхідно оцінити сучасний стан території, визначити цінні природні об’єкти та передбачити заходи щодо їх збереження [6].

Одним з найкращих прикладів такого підходу є курорт Amangiri Resort (Юта, США) (Рис.2). Авторами архітектурного проєкту є Марван Аль-Сайед, Венделл Бернетт і Рік Джой [8].

Концепція курорту Amangiri Resort сформувалася під впливом поеми Октавіо Паса «Вітер, вода і камінь». В основу архітектурного задуму покладено принцип взаємодії з природним середовищем, а не його підкорення. Будівлі курорту мають низьку висоту, не порушують горизонтальну лінію території. Для будівництва курорту було створено спеціальний бетон з використанням місцевого піску. В результаті об'єми будівель візуально зливаються з скельним ландшафтом через подібний колір та текстуру використаних матеріалів.

Центральна водойма розташована біля природного скелястого утворення. Проєкт передбачав збереження скелі недоторканою без її руйнування під час будівництва будинку. Віконні та дверні прорізи гостьових номерів обрамлюють краєвиди, перетворюючи природний ландшафт на складову композиції інтер'єру. Зовнішнє освітлення готелю організоване так, щоб мінімізувати світлове забруднення та зберегти природний вигляд нічного небосхилу пустелі [7].



а) житлові корпуси на тлі скельного ландшафту *б) басейн навколо природного кам'яного виступу*

Рис. 2. Проєкт Amangiri Resort (Юта, США, 2009р.) [8]

Сучасний дизайн туристичних комплексів передбачає також врахування психологічних потреб відпочивальників. Природні краєвиди, тихі зони відпочинку та зручні пішохідні маршрути створюють сприятливі умови для відпочинку й психологічного комфорту.

Поєднання архітектурних об’єктів із природним оточенням дозволяє сформувати цілісне рекреаційне середовище зі збереженням характерних особливостей ландшафту [5].

Порівняльний аналіз InterContinental Shanghai Wonderland (Китай) та Amangiri Resort (США) дозволяє визначити відмінності у використанні ландшафтних особливостей території під час формування туристичних комплексів. Порівняння проведено за характером ландшафту, архітектурно-планувальним підходом, об'ємно-просторовим рішенням та способами взаємодії архітектури з природним оточенням (табл. 1).

Таблиця 1

Критерій порівняння	**InterContinental Shanghai Wonderland *(Шанхай, Китай)***	**Amangiri Resort *(Юта, США)***
Характер ландшафту	Антропогенно змінений рельєф колишнього кар'єру завглибшки 88 м	Первинний природний (автентичний скельно-пустельний ландшафт)
Архітектурно-планувальний підхід	Ревіталізація техногенної території	Делікатна адаптація та збереження природного горизонту
Об’ємно-просторове та планувальне рішення	Вертикально-ярусна композиція з розташуванням частини поверхів під водою	Горизонтальна композиція малоповерхових корпусів серед скельних утворень
Взаємодія архітектури з ландшафтом	Використання стін кар'єру, панорамного скління та відображення навколишнього середовища у фасадах	Збереження скельного виступу, використання матеріалів природної колористики та формування видових перспектив

Висновки: Порівняльний аналіз InterContinental Shanghai Wonderland та Amangiri Resort дозволив виокремити два підходи до ландшафтно-орієнтованого проєктування туристичних комплексів: використання антропогенно трансформованого рельєфу та адаптацію забудови до природного ландшафту. Встановлено, що характер території визначає особливості розміщення споруд, їхню об'ємно-просторову композицію та способи візуальної взаємодії з оточенням. Отримані результати підтверджують доцільність диференційованого підходу до архітектурного проєктування туристичних комплексів залежно від ландшафтних характеристик ділянки.

Список використаних джерел

1. Maltseva I. N., Kaganovich N. N., Lorentz T. A. The integrating of architecture and nature into environmental objects in mountainous terrain. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 365. P. 022048. URL: https://doi.org/10.1088/1757-899x/365/2/022048 (date of access: 13.10.2026).
2. Balogun B. A., Ogunruku M. P. Integrating Natural Landscapes into Beach Resort Design: A Biophilic Perspective. *Tropical Journal of the Built Environment*. 2026. Vol. 7, no. 1.
3. Olakanmi J. A., Ayeni D. A. Achieving Aesthetics using Landscape Design in Resort Environment. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2019. Vol. 7, no. 9. P. 707–713. URL: https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.9097 (date of access: 12.10.2026).
4. Xu P., Mohamed F. N. The Impact of Local Culture on Theme Resort Design in Malaysia: A Comprehensive Analysis. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*. 2025. Vol. IX, no. III. P. 3978–3984. URL: https://doi.org/10.47772/ijriss.2025.90300316 (date of access: 13.10.2026).
5. Blazy R., Hrehorowicz-Gaber H., Hrehorowicz-Nowak A., Hładki W., Knapek J. New Architectural Forms in the Landscape as a Response to the Demand for Beauty in 21st-Century Tourism and Leisure. *Arts*. 2026. Vol. 15, no. 1. P. 18. URL: https://doi.org/10.3390/arts15010018 (date of access: 12.10.2026).
6. Bal W., Czalczynska-Podolska M. Assessing Architecture-and-Landscape Integration as a Basis for Evaluating the Impact of Construction Projects on the Cultural Landscape of Tourist Seaside Resorts. *Land*. 2020. Vol. 10, no. 1. P. 17. URL: https://doi.org/10.3390/land10010017 (date of access: 12.10.2026).
7. ASMALLWORLD. Architectural Storytelling with Amangiri, Utah. *ASMALLWORLD - the trusted community for luxury travel*. URL: https://www.asmallworld.com/editorials/articles/architectural-storytelling-with-amangiri-utah (date of access: 13.10.2026).
8. Amangiri Resort & Spa · Utah, USA - IGNANT. *IGNANT*. URL: https://www.ignant.com/2016/09/26/a-spa-in-the-high-desert-of-utah/ (date of access: 13.10.2026).
9. InterContinental Shanghai Wonderland Hotel. *Archello*. URL: https://archello.com/de/project/intercontinental-shanghai-wonderland-hotel-2 (date of access: 13.10.2026).
10. Hotel Opens in China, Designed by JADE + QA. ArchDaily. URL: https://www.archdaily.com/910409/the-worlds-first-quarry-hotel-opens-in-china-designed-by-jade-plus-qa (date of access: 13.10.2026).

УДК 72.04

ДОСТУПНІСТЬ МОБІЛЬНИХ УКРИТТІВ ЯК СКЛАДОВА ІНКЛЮЗИВНОГО ДИТЯЧОГО ІГРОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Вольф Ш.Р.Й., Григорчук Г. В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. В умовах повномасштабної війни в Україні захист життя дітей під час повітряних тривог є пріоритетним завданням організації безпечного середовища. Особливо це стосується облаштування захисних споруд на відкритих ігрових майданчиках. Розміщення мобільних укриттів повинно враховувати доступність для дітей із різними фізичними, сенсорними та когнітивними потребами.

Проблеми доступності первинних укриттів вивчають українські вчені Жидкова, Гнатюк і Чемакіна [1]. Авторки наголошують на недостатню конкретизацію вимог до облаштування входів, порогів і пандусів у ДСТУ 9329:2025. Для дитячих ігрових просторів ці питання пов'язані з організацією безбар'єрних маршрутів та можливістю евакуації дітей з інвалідністю.

Практичний інтерес для України становить досвід Ізраїлю, де захисні споруди розміщують у громадських просторах та на дитячих майданчиках. Науковці Слєпцов і Малліані [2] розглянули архітектурно-просторові характеристики ізраїльських наземних укриттів типу «Мігуніт». Приклад інтеграції захисних споруд у дитячі майданчики Ізраїлю становить інтерес для застосування подібних архітектурно-дизайнерських рішень в Україні.

Мета дослідження - вивчити досвід інтеграції захисних споруд у дитячі ігрові простори Ізраїлю з урахуванням можливостей забезпечення їхньої доступності та застосування відповідних рішень в Україні.

Основна частина. Доступність мобільних укриттів на дитячих майданчиках залежить від їхнього розташування, організації безбар’єрних маршрутів від ігрових зон, параметрів входів та можливості безпечного перебування дітей у захисному просторі. Підходи до укриття мають забезпечувати безперешкодне пересування дітей з інвалідністю, зокрема тих, які користуються кріслами колісними, та можливість їх супроводу дорослими. Для маневрування крісла колісного може бути передбачений тамбур шириною 1,6 м [1].

Доступність дитячих майданчиків не обмежується можливістю потрапити на їхню територію. Науковці Moore, Boyle та Lynch [3], опрацювавши 15 наукових публікацій, звернули увагу на відмінності між доступністю, зручністю користування та універсальним дизайном. Ці принципи можна застосувати й до облаштування мобільних укриттів. Дитина повинна мати можливість безперешкодно дістатися до укриття, знайти вхід і потрапити всередину. Для дітей із порушеннями зору, слуху та когнітивного розвитку доцільно передбачати зрозумілі позначення, візуальні й тактильні орієнтири.

Маршрут до укриття також має бути доступним для дітей, які пересуваються на кріслах колісних або потребують супроводу дорослих [3].

Під час організації евакуації дітей необхідно враховувати не лише відстань до укриття, а й час, потрібний для реагування на сигнал тривоги. За даними експерименту, в якому взяли участь 49 дітей віком 7–16 років із помірними та тяжкими інтелектуальними порушеннями, середній час підготовки до евакуації без попередження становив 24,33 с, а з попередженням - 16,69 с. На швидкість реагування також впливала потреба дитини в допомозі дорослого. Отже, під час розміщення укриттів на дитячих майданчиках потрібно враховувати час, необхідний дитині для розуміння сигналу тривоги, початку руху з допомогою дорослого [4].

Приклади інтеграції мобільних укриттів у дитяче ігрове середовище реалізовані в місті Сдерот Парк Hakramim (Рис.1). У серпні 2025 року було реалізувано експериментальний проєкт студії City Peloton перетворення наявного мобільного укриття в парку Hakramim на ігрову споруду. Укриття, встановлене кількома роками раніше поблизу дитячого майданчика та дошкільних закладів, зберегло свою захисну функцію. Над бетонною конструкцією облаштували верхній ігровий рівень із похилим дахом, місцем для відпочинку та спілкування дітей. Зовні додали сходи й гірку, а між рівнями передбачили переговорний пристрій. Таке рішення дозволило поєднати захисну споруду з обладнанням дитячого майданчика [5].



а. первісний вигляд захисної споруди



б. укриття після облаштування ігровим обладнанням.

Рис. 1. Інтеграція мобільного укриття в дитячий ігровий простір парку Hakramim, м. Сдерот, Ізраїль [5]

Інший підхід реалізовано на дитячому майданчику The Wishing Garden (Рис.2) у місті Сдерот, де встановлено три яскраво розфарбовані бетонні конструкції з товстостінних труб, оформлені у вигляді фантастичних тварин. Діти використовують їх для ігор, а під час ракетної небезпеки внутрішній простір конструкцій слугує тимчасовим укриттям. Найбільша конструкція дозволяє перебувати всередині дорослим, дві менші призначені для дітей. Кольорове оформлення та ігрова форма покликані зробити захисні споруди

менш загрозливими для дітей. На відміну від парку Hakramim, де ігрове обладнання доповнює наявне укриття, у The Wishing Garden сама захисна конструкція є частиною ігрового середовища [5].



а. загальний вигляд конструкції [5]



б. розміщення конструкцій в ігровому середовищі

Рис. 2. Бетонні захисні конструкції у формі ігрових об’єктів на дитячому майданчику The Wishing Garden, м. Сдерот, Ізраїль [5]

Розглянуті приклади демонструють два способи поєднання захисної та ігрової функцій. Їх адаптація потребує врахування трьох аспектів: психологічного сприйняття укриттів дітьми, їхнього розташування та забезпечення безбар'єрного доступу.

Одним з аспектів формування інклюзивного ігрового середовища є психологічна доступність захисних споруд для дітей. У розглянутих прикладах використання яскравих кольорів, ігрових форм та обладнання спрямоване на зменшення негативних асоціацій з укриттями та формування більш звичного для дітей середовища. Водночас візуальна привабливість споруд не замінює вимог фізичної безбар'єрності, зокрема доступності підходів, входів і внутрішнього простору для дітей з інвалідністю.

Другий аспект стосується розміщення укриттів безпосередньо біля ігрових зон та організації найкоротших доступних маршрутів до входу. Під час проєктування необхідно враховувати відстань від ігрового обладнання, характеристики покриття та можливість пересування дітей у супроводі дорослих. Час досягнення укриття залежить від протяжності маршруту, швидкості пересування та індивідуальних можливостей дитини.

Третій аспект стосується технічного забезпечення безбар'єрності захисних споруд. Під час проєктування необхідно враховувати параметри входів, ширину проходів, ухили пандусів та розміри внутрішнього простору для безперешкодного пересування й маневрування дітей, які користуються кріслами колісними. Відповідні вимоги визначено ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення». Їх застосування до

мобільних укриттів має узгоджуватися з нормативними вимогами до захисних споруд цивільного захисту.

Досвід Hakramim і The Wishing Garden може бути використаний під час проєктування мобільних укриттів на дитячих майданчиках України. Поєднання захисних конструкцій з ігровими елементами, тематичним оформленням і колористичними рішеннями дозволяє інтегрувати укриття в ігрове середовище. Для забезпечення інклюзивності такі рішення мають передбачати доступність входів і внутрішнього простору для дітей з інвалідністю, зрозумілу навігацію та можливість евакуації за участю дорослих. Ігрове обладнання не повинно створювати перешкод на шляхах до укриття або обмежувати його захисну функцію.

Висновки. На прикладі двох дитячих майданчиків міста Сдерот розглянуто два способи інтеграції захисних споруд в ігрове середовище: доповнення мобільного укриття ігровим обладнанням та використання бетонних конструкцій ігрової форми для тимчасового захисту дітей. Для адаптації цих рішень в Україні запропоновано враховувати три аспекти: психологічне сприйняття укриттів дітьми, їхнє розташування поблизу ігрових зон та технічне забезпечення безбар'єрності. Доступність розглянутих ізраїльських об'єктів для дітей з інвалідністю потребує додаткового дослідження.

Список використаних джерел

1. Жидкова Т. В., Гнатюк Л. Р., Чемакіна О. В. Проєктування, обладнання та експлуатація первинних укриттів. Містобудування та територіальне планування. 2025. № 90. С. 283–294. URL: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.90.283-294.

2. Слєпцов О., Малліані С. Порівняльний аналіз архітектурно-просторових рішень захисних споруд цивільного призначення: досвід України, Фінляндії та Ізраїлю. Архітектурний вісник КНУБА. 2025. № 33. С. 121–133. https://doi.org/10.32347/2519-8661.2025.33

3. Moore A., Boyle B., Lynch H. Designing for inclusion in public playgrounds: a scoping review of definitions, and utilization of universal design. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology. 2023. С. 1453–1465. URL: https://doi.org/10.1080/17483107.2021.2022788.

4. Zhao X. et al. Factors affecting evacuation in intellectually disabled children: An experimental study. Journal of Building Engineering. 2024. Vol. 94. Art. 109947.
URL: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109947.

5. Play Shelter Sderot & The Wishing Garden. *City Peloton; Sderot Tourism*. URL: https://www.citypeloton.com/play-shelter/;https://visit-sderot.co.il/en/our-sites/the-wishing-garden/

УДК 711.4:628.971:656.1

ВПЛИВ ДЕФІЦИТУ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА СПРИЙНЯТТЯ БЕЗПЕКИ ТА ТРАНСФОРМАЦІЮ ВЕЧІРНЬОЇ МОБІЛЬНОСТІ МІСТЯН

Дарієнко В. В., Карпушин С. О., Центральноукраїнський національний технічний університет
Слонь В. В., Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Сучасні виклики у сфері міського планування в Україні безпосередньо пов'язані з необхідністю адаптації урбанізованих територій до функціонування в умовах енергетичного дефіциту. Систематичні обмеження електропостачання та вимушене відключення зовнішнього вуличного освітлення сформували нову просторову реальність, яку в публіцистиці та фаховому дискурсі дедалі частіше позначають як «блекаут-урбанізм». Вуличне освітлення розглядають не лише як елемент інженерного благоустрою, а й як чинник формування безпечного суспільного простору: його покращення супроводжується зменшенням страху перед злочинністю та зростанням кількості пішоходів на вулицях у темну пору доби [1]. За дефіциту штучного освітлення змінюються поведінкові сценарії містян, зростає просторова тривожність і перебудовується структура транспортно-пішохідних потоків. Тому дослідження взаємозв'язку між світловим середовищем міста, сприйняттям безпеки та вечірньою мобільністю є актуальним завданням містобудування.

Метою роботи є аналіз містобудівних, соціально-просторових та інженерно-планувальних аспектів впливу дефіциту вуличного освітлення на відчуття захищеності мешканців і характер їх пересування у вечірній та нічний час, а також розроблення рекомендацій щодо підвищення стійкості пішохідно-транспортної інфраструктури.

Основна частина. Сприйняття безпеки в урбанізованому середовищі ґрунтується на можливості візуального контролю простору, орієнтування на місцевості та своєчасного розпізнавання перешкод або загроз. Згідно з концепцією запобігання злочинності через дизайн середовища (CPTED – Crime Prevention Through Environmental Design), природний нагляд і достатній рівень освітленості є ключовими бар'єрами для асоціальної поведінки [2]. Коли освітленість пішохідних шляхів падає нижче нормованих значень, установлених ДБН В.2.5-28:2018 [3], виникає ефект «просторового відчуження».

Аналіз міських територій в умовах темряви показує, що мешканці починають сприймати звичні маршрути як фрагментовану мережу з високою концентрацією «сірих» і «сліпих» зон; саме здатність завчасно розгледіти інших людей на відстані кількох метрів визначає відчуття впевненості пішохода [4]. Найбільш вразливими елементами планувальної структури є:

– внутрішньоквартальні простори житлових мікрорайонів зі складною конфігурацією забудови, де відсутнє чітке розмежування публічних і приватних зон;

– транзитні пішохідні алеї у парках, скверах та вздовж смуг залізничного або промислового відчуження;

– підземні пішохідні переходи, зупинки громадського транспорту на периферійних ділянках та підходи до захисних споруд цивільного захисту.

Втрата візуальної проникності середовища знижує когнітивну комфортність простору. Окремою проблемою є засліплення пішоходів і водіїв хаотичними джерелами світла (фари зустрічного транспорту, яскраві вивіски, прожектори від автономних генераторів), що на тлі суцільної темряви створює різкий яскравісний контраст і погіршує адаптацію зору.

Дефіцит освітлення спричиняє трансформацію вечірньої мобільності містян, яка проявляється у трьох вимірах: просторовому, часовому та модальному.

По-перше, спостерігається просторова переорієнтація пішохідних потоків. Мешканці відмовляються від найкоротших діагональних маршрутів через озеленені чи внутрішньоквартальні території на користь довших, але прогнозованіших шляхів уздовж магістральних вулиць. Навіть за відсутності стаціонарного освітлення на магістралях зберігається підсвічування від автомобільного потоку та фасадів закладів на перших поверхах (активний фронт забудови), що підтримує ефект «очей на вулиці» за Дж. Джейкобс [5].

По-друге, відбувається стиснення часових меж активності. Значна частина необов’язкових (рекреаційних, культурно-побутових, спортивних) поїздок у темну пору доби скасовується або переноситься на світловий день, що негативно позначається на вечірній економіці міських центрів і соціальній згуртованості громад.

По-третє, змінюється розподіл пересувань за способами (modal split). Зменшується частка піших пересувань і поїздок засобами мікромобільності (велосипеди, електросамокати) через ризик наїзду на нерівності покриття та непомітність учасників руху. Натомість зростає попит на таксі й використання індивідуального автотранспорту на коротких відстанях, що суперечить принципам сталого міського транспорту. Індивідуальні ліхтарики та світловідбивні елементи (флікери) підвищують персональну безпеку пішохода, проте не вирішують системної проблеми на рівні міського планування.

Критичним аспектом є зростання дорожньо-транспортного травматизму на пішохідних переходах: за даними аналізу статистики ДТП, імовірність наїзду на пішохода на переході в темряву суттєво вища, ніж за денного світла, а наявність вуличного освітлення цей ризик зменшує [7].

Пішохід у темному одязі за ближнього світла фар стає помітним для водія лише з відстані кількох десятків метрів, що сумірно із зупинним шляхом автомобіля за швидкості 50 км/год.

Для подолання негативних наслідків дефіциту освітлення проєктування та реконструкція вулично-дорожньої мережі мають спиратися на багаторівневу стратегію просторової адаптації:

1) упровадження ієрархічної системи автономного освітлення («світловий каркас») – першочергове оснащення сонячно-акумуляторними світильниками або підключення до ліній резервного живлення ключових вузлів мобільності:

пішохідних переходів, зупинок громадського транспорту, входів до укриттів і головних пішохідних коридорів;

2) пасивний світловий і тактильний дизайн – застосування світлоповертальних матеріалів у дорожній розмітці, маркування бордюрів, стовпчиків огородження та сходинок фотолюмінесцентними матеріалами, улаштування контрастної тактильної плитки для маломобільних груп населення;

3) фізичне заспокоєння руху (traffic calming) – оскільки за знеструмлення світлофорне регулювання не працює, безпеку на переходах має забезпечувати геометрія вулиці: острівці безпеки, підняті пішохідні переходи, звуження смуг руху та шикани, що унеможливлюють перевищення швидкості незалежно від освітленості;

4) стимулювання активних перших поверхів – розміщення закладів торгівлі та обслуговування з вітринним склінням уздовж основних пішохідних маршрутів створює вторинне фонове освітлення тротуарів, у тому числі за рахунок резервного живлення бізнесу [6].

Висновки. Дефіцит вуличного освітлення є дестабілізуючим чинником міського середовища, який знижує суб’єктивне відчуття безпеки, спричиняє просторову сегрегацію у вечірній час і деформує структуру міської мобільності. Пішохідні потоки концентруються вздовж транспортних магістралей, тоді як внутрішньоквартальні та рекреаційні зони стають територіями відчуження. Подолання цих викликів потребує переходу від суто інженерного розуміння освітлення до комплексного містобудівного планування «світлової стійкості» міста. Поєднання автономних систем освітлення на критичних маршрутах, пасивної світлоповертальної навігації та заходів заспокоєння руху дасть змогу зберегти функціональність, інклюзивність і безпеку українських міст в умовах енергетичних криз та повоєнного відновлення.

Список використаних джерел

1. Painter K. The influence of street lighting improvements on crime, fear and pedestrian street use, after dark. Landscape and Urban Planning. 1996. Vol. 35, No. 2–3. P. 193–201.

2. Crowe T. D., Fennelly L. J. Crime Prevention Through Environmental Design. 3rd ed. Waltham : Butterworth-Heinemann, 2013. 344 p.

3. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

4. Fotios S., Unwin J., Farrall S. Road lighting and pedestrian reassurance after dark: A review. Lighting Research & Technology. 2015. Vol. 47, No. 4. P. 449–469.

5. Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities. New York : Random House, 1961. 458 p.

6. Gehl J. Cities for People. Washington : Island Press, 2010. 269 p.

7. Uttley J., Fotios S. The effect of ambient light condition on road traffic collisions involving pedestrians on pedestrian crossings. Accident Analysis & Prevention. 2017. Vol. 108. P. 189–200.

УДК 72.03

АРХІТЕКТУРНА СПАДЩИНА УКРАЇНСЬКОГО МОДЕРНІЗМУ XX СТОЛІТТЯ: ЦІННІСТЬ ТА ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Коломієць Є. Р., Григорчук Г. В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Архітектурна спадщина українського модернізму XX століття охоплює споруди та твори монументально-декоративного мистецтва різних історичних періодів. Проблеми її збереження пов'язані із суперечливим ставленням до спадщини радянської доби, недостатнім визнанням архітектурної та художньої цінності окремих об'єктів і загрозами їх перебудови або знищення [1; 7]. Актуальність дослідження зумовлена випадками перебудови, пошкодження та знищення об'єктів модерністської спадщини України. Метою роботи є визначення архітектурної та художньої цінності об'єктів українського модернізму XX століття й проблем їх збереження на прикладі будинку Радторгфлоту в Одесі, павільйону «Квіти України» в Києві та композиції «Дніпровські хвилі» в Дніпрі.

Основна частина. Розвиток модерністської архітектури України XX століття охоплює конструктивізм 1920–1930-х років і модерністські напрями другої половини століття. К. Діденко [1] розглядає збереження цієї спадщини через історичні зміни архітектурної політики, діяльність професійних і громадських організацій та міжнародну співпрацю. Проблема збереження модерністської спадщини охоплює також твори монументально-декоративного мистецтва. М. Соклаков [7] розглядає монументальні мозаїки радянського періоду як складову міського середовища та колективної пам'яті. Автор пов'язує загрози їх збереженню з приватизацією і комерціалізацією громадських просторів, реконструкцією будівель, неналежним утриманням творів та суперечностями політики декомунізації. Практичні прояви проблеми збереження модерністської спадщини розглянуто на прикладі трьох зазначених вище об'єктів. Об'єкти відрізняються часом створення, архітектурно-художніми характеристиками та наслідками втручань. Розгляд цих об'єктів дає змогу зіставити різні форми втручання в архітектурну та художню спадщину: перебудову споруди, частковий демонтаж фасаду й повне знищення монументального твору.

Зокрема, втрату первісних архітектурних характеристик демонструє житловий будинок Радторгфлоту в Одесі (Рис. 1), зведений у 1928–1929 роках за проєктом архітектора Петра Діденка. Споруда належить до архітектури конструктивізму та характеризується Ш-подібним планом, симетричною композицією фасадів, виразним кутовим об'ємом сходової клітини з вертикальним склінням і горизонтальним колірним членуванням. Під час післявоєнної перебудови будівлю надбудували четвертим поверхом, порушивши первісне співвідношення горизонтальних і вертикальних елементів

композиції. Згодом фасади облицювали керамічною плиткою, що змінило їхню початкову фактуру та колористичне вирішення. Перебудова призвела до втрати окремих характерних ознак архітектури конструктивізму [5].





а) первісний вигляд б) після перебудови

Рис.1. Житловий будинок Радторгфлоту в Одесі (м. Одеса, Україна)

Прикладом загрози збереженню модерністської архітектури є павільйон «Квіти України» в Києві розташований на вулиці Січових Стрільців, 49 (Рис. 2), збудований у 1983–1985 роках за проєктом архітектора Миколи Левчука. Архітектурне вирішення споруди характеризується каскадним заскленням фасаду, багаторівневим атріумом та інтеграцією озеленення в архітектурну композицію. Атріум забезпечував природне освітлення оранжереї, а відступ будівлі від червоної лінії вулиці формував відкритий громадський простір перед входом. У 1986 році проєкт відзначено премією Спілки архітекторів України [2]. У липні 2021 року під час підготовки до переобладнання будівлі на





а) первісний вигляд б) після демонтажу фасаду

Рис. 2. Павільйон «Квіти України» (м. Київ, Україна)

офісний центр було розпочато демонтаж частини фасаду та атріуму, який зупинили громадські активісти. У 2021 році споруда отримала охоронний статус, законність якого остаточно підтвердив Верховний Суд 7 листопада 2025 року [4].

Окремою проблемою є збереження монументально-декоративного мистецтва, пов'язаного з архітектурним і міським середовищем. Прикладом втрати такого об'єкта є абстрактна об'ємно-просторова композиція «Дніпровські хвилі» (Рис. 3) художника-монументаліста Ернеста Коткова, створена у 1983–1985 роках біля Льодового палацу спорту «Метеор» у Дніпрі. Твір поєднував пластичні форми бетонного рельєфу з мозаїчним оздобленням із мармуру та кольорової смальти. Його художнє вирішення ґрунтувалося на абстрактній композиції [3]. 26 березня 2019 року композицію знищили під час будівельних робіт, пов'язаних із розширенням торговельного центру «Аполло» [6].



а) вигляд до демонтажу

б) руйнування композиції у 2019 році

Рис. 3. Об'ємно-просторова композиція «Дніпровські хвилі» Ернеста Коткова (м. Дніпро, Україна)

Порівняння об'єктів виявляє різні наслідки втручань у модерністську спадщину. У будинку Радторгфлоту в Одесі перебудови змінили первісну композицію фасадів, зокрема їхнє горизонтальне членування та характер оздоблення. У павільйоні «Квіти України» демонтаж частини фасаду у 2021 році було зупинено, а охоронний статус споруди став предметом судового розгляду. Композицію «Дніпровські хвилі» в Дніпрі у 2019 році знищено повністю. Розглянуті приклади показують, що втрата первісних архітектурних і художніх характеристик модерністських об'єктів відбувається не лише внаслідок фізичного знищення, а й через зміну композиції фасадів, матеріалів оздоблення та окремих архітектурних елементів. Випадок павільйону в Києві також демонструє роль громадських ініціатив і правового захисту у збереженні модерністської архітектури.

Висновки. Аналіз обраних об'єктів українського модернізму XX століття дозволило визначити різні форми втрати архітектурної та художньої спадщини: зміну первісного вигляду споруд, пошкодження архітектурних елементів і повне знищення монументального твору. Досвід збереження павільйону «Квіти України» підтверджує значення громадської участі та правових механізмів охорони архітектурних об'єктів. Для запобігання подібним втратам доцільно документувати первісні характеристики споруд, оцінювати їхню архітектурну й художню цінність перед реконструкцією та своєчасно вирішувати питання охоронного статусу.

Список використаних джерел

1. Діденко К. В. Модерністська архітектура України: виклики збереження. Grail of Science. 2024. № 46. DOI: 10.36074/grail-of-science.29.11.2024.149.
2. Мапа Реновації. Павільйон «Квіти України». URL:https://renovationmap.org/en/building/0ZlI2/?utm (дата звернення: 27.10.2026р);
3. Об’ємно-просторова композиція «Дніпровські хвилі» біля Льодового палацу спорту «Метеор» у Дніпропетровську (нині Дніпро). UU Архів. URL: https://www.archive-uu.com/ua/profiles/ernest-kotkov/catalog/monumental-ni-tvori-ta-eskizi-do-nih_kotkov/picture/ob-yemno-prostorova-kompoziciya-dniprovs-ki-hvili-bilya-l-odovogo-palacu-sportu-meteor-u-dnipropetrovs-ku-nini-dnipro (дата звернення: 05.11.2026).
4. Постанова суду № 640/30303/21 від 07.11.2025 про визнання протиправними та скасування припису та наказів. ipLex Судові рішення. URL: https://iplex.com.ua/doc.php?regnum=131631108&amp (дата звернення: 05.11.2026)
5. Рибальська Н. Чи варто перебудовувати споруди часів модернізму? Розповідаємо на прикладі будинку Радторгфлоту в Одесі - Хмарочос. Хмарочос. URL: https://hmarochos.kiev.ua/2024/12/04/chy-varto-perebudovuvaty-sporudy-chasiv-modernizmu-rozpovidayemo-na-prykladi-budynku-radtorgflotu-v-odesi/ (дата звернення: 05.11.2026).
6. У Дніпрі зруйнували скульптуру "Дніпровські хвилі" Ернеста Коткова (фото). LB.ua. URL:https://lb.ua/culture/2019/03/26/422993_dnepre_razrushili_skulpturu. (дата звернення: 05.11.2026).
7. Soklakov M. Monumental Mosaics as Places of Memory in Public Spaces of Ukraine. Ukrainian Cultural Studies. 2024. № 1(14). С. 22–26. DOI: 10.17721/UCS.2024.1(14).03

УДК 72.04

УКРАЇНСЬКА НАЦІОНАЛЬНА ІДЕНТИЧНІСТЬ У СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ: ЗАСОБИ ВИРАЖЕННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ

Пухальська В. С., Григорчук Г. В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Збереження української національної ідентичності в архітектурі набуває особливого значення в умовах війни та підготовки до повоєнного відновлення України.

Одним зі способів її вираження є використання в сучасних будівлях національних символів, орнаментів, кольорів та характерних архітектурних форм. Науковці розглядають проблему спрощеного відтворення історичних форм, які не завжди узгоджуються з архітектурною композицією та функціональним призначенням сучасних споруд [1]. Тому національні архітектурні традиції потрібно не просто відтворювати, а використовувати з урахуванням сучасних вимог до проєктування.

Мета дослідження полягає у визначенні засобів вираження української національної ідентичності в сучасній архітектурі на прикладі меморіалу «Свіча пам'яті» в Києві та Музею писанкового розпису в Коломиї.

Основна частина. Українська національна ідентичність в архітектурі може проявлятися через об'ємно-просторову композицію, силует будівлі, архітектурні деталі, декоративні елементи та колорит. У науковій праці дослідників О. Івашка, Д. Яна та співавторів запропоновано аналізувати національні ознаки в архітектурі на п'яти рівнях. Це силует споруди, форма даху, елементи стін (карнизи, вікна, двері), декор (скульптура, різьблення, розписи) та колористика [1]. Такий підхід дозволяє розглядати національну ідентичність не лише через окремі елементи, а й через архітектурний образ будівлі загалом.

Автори також виділяють два принципи застосування історичних архітектурних форм у сучасному проєктуванні. Перший принцип передбачає спрощення та адаптацію традиційних форм із застосуванням сучасних матеріалів і конструкцій. Другий принцип полягає у використанні національних архітектурних форм у спорудах іншого функціонального призначення, що супроводжується зміною масштабу, пропорцій і конструктивних рішень [1].

Одним із засобів вираження української ідентичності в архітектурі є використання національної символіки. Авторка наукової публікації А. Осадча досліджує сучасну інтерпретацію традиційних українських символів, орнаментів і колористики в дизайні. Серед них вона виділяє дерево життя, солярні знаки, хрест, рослинні та геометричні орнаменти, які зберігають сакральне та культурне значення [4].

Питання використання символіки в архітектурному середовищі також розглядають дослідники К. Харченко, Т. Гребінник і Д. Капленко. У своїй

науковій праці автори визначають мікро-, мезо- та макрорівні сприйняття символів в архітектурному середовищі. Символічний зміст може передаватися через архітектурну форму, колористику, матеріали, орнаменти, скульптурні та декоративні елементи [5].

Музей писанкового розпису (Рис.1) в Коломиї відкрито 23 вересня 2000 року. Проєкт будівлі розробив архітектор І. Шумин. Центральним елементом архітектурної композиції є об'єм у формі писанки заввишки 13,5 м і діаметром 10 м. Використання традиційного символу українського народного мистецтва пов'язує архітектурний образ споруди зі змістом музейної експозиції [2].

Меморіал «Свіча пам'яті» (Рис.2) в Києві відкрито у 2008 році. Автор ідеї – А. Гайдамака. Центральна споруда заввишки 30 м має форму свічки та оздоблена скляними хрестами різної величини. До меморіального комплексу також належать площа «Жорна долі» з дванадцятьма композиціями жорен і скульптура «Гірка пам'ять дитинства», що зображує дівчинку з колосками. Архітектурні та скульптурні елементи комплексу присвячені вшануванню пам'яті жертв Голодомору [3].



Рис. 1. Музей писанкового розпису (м. Коломия, Україна)



Рис. 2. Національний музей Голодомору-геноциду. Свіча пам'яті (м. Київ, Україна)

Порівняльний аналіз Музею писанкового розпису в Коломиї та меморіалу «Свіча пам'яті» в Києві проведено за такими критеріями (таблиця 1): символ, архітектурна форма, композиційний засіб, декоративні та художні засоби, колористичне вирішення та його символіка, культурно-символічний зміст і функціональне призначення.

Порівняння двох об'єктів виявило відмінності у використанні символічних образів. У Музеї писанкового розпису архітектурна форма пов'язана з традиціями народного мистецтва, тоді як у меморіалі «Свіча пам'яті» вона відображає історичну пам'ять про жертв Голодомору.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз Музею писанкового розпису в Коломиї та меморіалу «Свіча пам’яті» в Києві

	Музей писанкового розпису, м. Коломия	**Національний музей Голодомору-геноциду («Свіча пам’яті»), м. Київ**
Символ	Українська писанка	Свіча пам’яті
Архітектурна форма	Центральний яйцеподібний об'єм заввишки 13,5 м	Вертикальна композиція у формі свічки заввишки 30 м
Композиційний засіб	Виділення центрального об’єму у формі писанки в загальній композиції музею	Вертикальна домінанта меморіального комплексу у формі свічки
Декоративні та художні засоби	Геометричні й рослинні мотиви писанкового орнаменту	Скляні хрести різної величини, композиції жорен, скульптура дівчинки з колосками
Колористичне вирішення та його символіка	Поліхромне оздоблення центрального об’єму за мотивами писанкового орнаменту	Контраст світлих поверхонь споруди й темних елементів меморіальної композиції
Культурно-символічний зміст	Збереження традицій українського писанкарства	Увічнення пам’яті жертв Голодомору
Функціональне призначення	Музейне, виставкове	Меморіальне, музейне

Висновки. Порівняння Музею писанкового розпису в Коломиї та меморіалу «Свіча пам’яті» в Києві виявило два підходи до відображення української національної ідентичності в архітектурі: через традиції народного мистецтва та історичну пам’ять. В обох спорудах символ визначає архітектурну форму й доповнюється колористичними та декоративно-художніми засобами. Відмінності зумовлені змістом символічних образів і функціональним призначенням об’єктів: музей представляє традиції писанкарства, а меморіал присвячений пам’яті жертв Голодомору.

Список використаних джерел

1. Івашко О., Ян Д., Юелінь У., Почка К., Руденко М. Проблема відродження національної ідентичності в сучасній архітектурі. *Просторовий розвиток.* 2025. № 13. С. 144–162. DOI: doi.org/10.32347/2786-7269.2025.13.144-162
2. Музей писанкового розпису – Kolomyia.Travel. Kolomyia.Travel – офіційний туристичний сайт міста. URL: https://tourism.kolrada.gov.ua/listing-item/музей-писанкового-розпису (дата звернення: 05.11.2026).
3. Національний музей Голодомору-геноциду. Велика українська енциклопедія. URL: https://vue.gov.ua/Національний_музей_Голодомору-геноциду (дата звернення: 05.11.2026).
4. Осадча А. М. Українська символіка в дизайні. *Південноукраїнські мистецькі студії*. 2025. № 3. С. 161–167. DOI: https://doi.org/10.24195/artstudies.2025-3.21.
5. Харченко К. С., Гребінник Т. О., Капленко Д. Д. Символізм в архітектурному середовищі. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 5 (023). С. 151–159. DOI: https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.301024.151.1104.

УДК - 727

ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ ГІБРІДНОЇ АРХІТЕКТУРИ
Частина 1. Проєкти Стівена Холла в Шеньчжені та Пекіні

Харламова Л.В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Поняття «**гібридні будівлі**» концептуально існувало століттями, але як самостійний теоретичний напрям і тренд сучасної урбаністики гібридна архітектура сформувалася наприкінці XX- на початку XXI століття .

Багатофункціональні споруди -це будівлі , що поєднують житлові, офісні та культурні простори. Головна відмінність між багатофункціональними будівлями (Mixed-Use) та гібридними полягає в рівні інтеграції та взаємодії функцій: у багатофункціональних будівлях різні зони просто сусідять, тоді як у гібридних —зони глибоко переплетені, здатні трансформуватися.

Основна частина. Багатофункціональні будівлі (Mixed-Use) забезпечують приватність функції - житлові, офісні та культурні простори чітко розмежовані по поверхах або блоках - ТРЦ знизу, офіси посередині, житло зверху. Кожна функція автономна, має власні входи, ліфтові шахти та комунікації. Простори можуть працювати незалежно. Перепланування складне, призначення приміщень статичне, зафіксоване архітектурним проєктом. Потоки людей - мешканців, працівників, покупців - розділені.

Такий підхід є більш традиційним, його мета - зібрати кілька функцій під одним дахом для зручності та економії простору.

Гібрид — це ускладнена еволюція багатофункціональної будівлі.

Гібридна форма виникає на тлі глобалізації та дефіциту міського простору як відповідь на дефіцит міської землі та потребу в ефективному використанні.

Гібридні будівлі (Hybrid Buildings) - різні функції ділять між собою спільні простори та створюють нові сценарії використання. Простори часто інтегровані, одне й те саме приміщення може змінювати призначення протягом доби.

Архітектура легко трансформується під нові потреби громади чи бізнесу.

Простір стимулює соціальну взаємодію та формування спільнот. Функції не просто ділять будівлю - вони породжують нові гібридні типології.

Світова практика має кілька знакових проєктів, які демонструють, як саме працює гібридна архітектура. У цих будівлях функції не просто накладені одна на одну, а створюють нову міську синергію, обмінюючись ресурсами, простором та потоками людей.

Існує багато концептуальних проєктів таких, як Hyperbuilding від OMA, та проектів-утопій, таких як Sky City від Takenaka Corporation на 135000 осіб.



Рис.1.Hyperbuilding від OMA. Арх. Рем Колхас

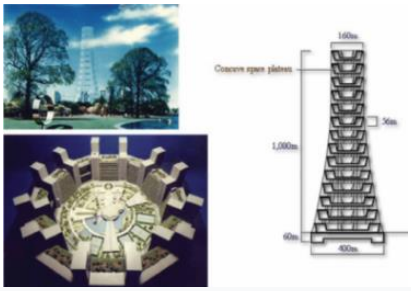


Рис.2. Sky City 1000. Takenaka Corporation в 1989

В даний час поряд з гібридними об'єктами, що проектуються та будуються, вже існують побудовані, наприклад в Шеньчжені та Пекіні 2009 р.

Проєкт архітектора С. Голла **Linked Hybrid** — «Місто в місті» з повітряними мостами — це класичний маніфест гібридної архітектури.



Рис.3. «Місто в місті». Відкритий пористий комплекс, інтегрований у міське середовище



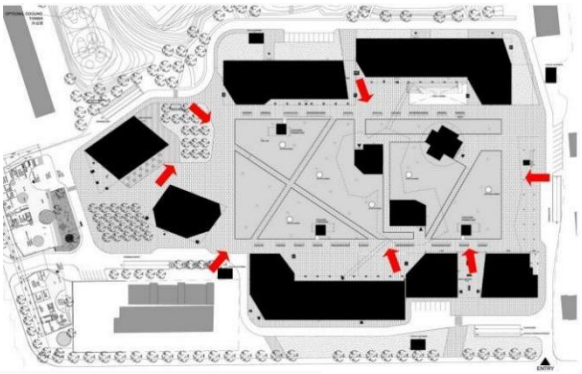


Рис.4. Макет та Генплан Linked Hybrid

Комплекс складається з 8 житлових та 1 готельної вежі, які з'єднані між собою кільцем багатофункціональних повітряних мостів на рівні 12-20 поверхів.

Гібридність комплексу полягає в тому, на відміну від традиційного для багатофункціональних будівель розташуванню на першому поверсі, приміщення громадського призначення передбачені на верхньому рівні.

У “мостах - переходах” , які об'єднують вежі, розташовані: басейн, фітнес-центр, кафе, художня галерея та книжковий магазин. Внутрішній простір « мостів-переходів» є суспільним простором.

Мешканці та відвідувачі перетинаються у «підвішеному стані» над містом.

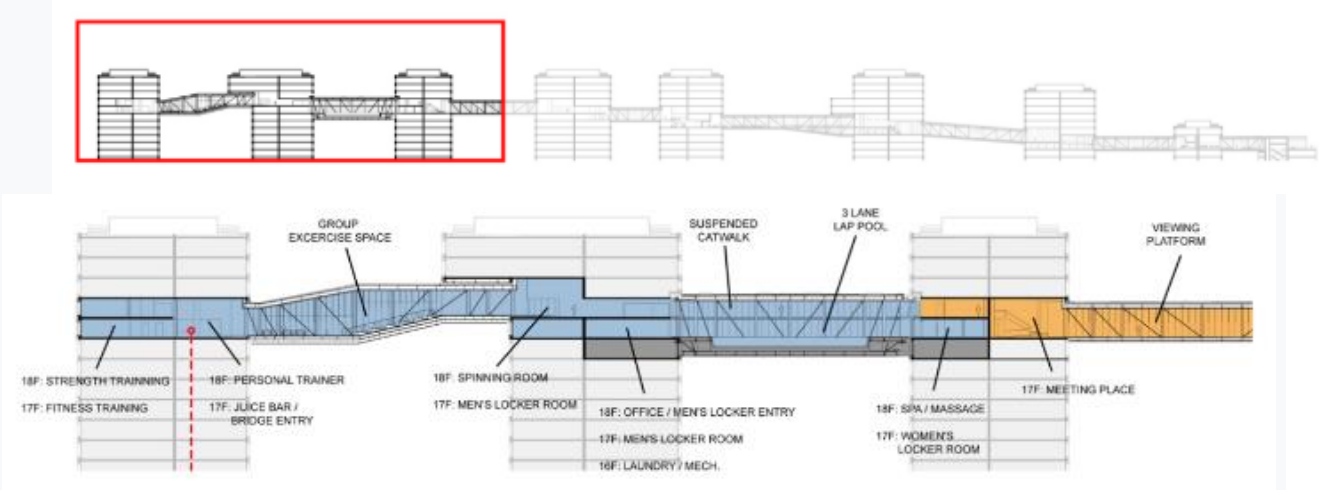


Рис.5. Розріз. «Мости - переходи», що об'єднують башти

Другий рівень комплексу – простір садів, розміщених на даху кінотеатру та кількох інших будівель.

Нижній рівень містить кінотеатр та зелені зони, які інтегровані у загальноміську мережу, перетворюючи комплекс на відкриту “пористу” містобудівну структуру, а не на закритий житловий елітарний квартал.

Особливістю першого рівня зокрема та всього комплексу загалом є відчуття просторової відкритості.

Проект створювався виходячи з масштабу пішохода та його можливості до довільного безперешкодного пересування в межах комплексу та поза ним.

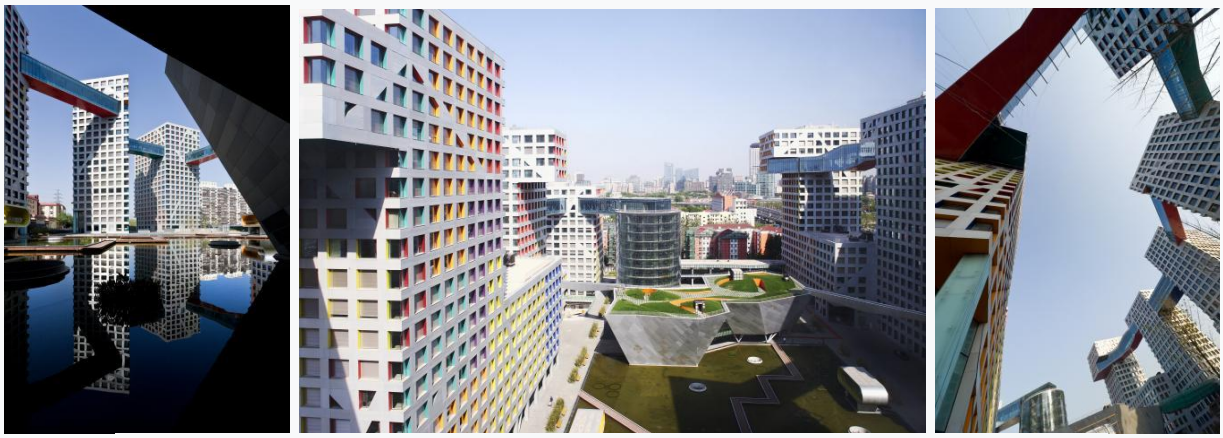


Рис.6. Дворовий простір гібридного комплексу Linked Hybrid

Унікальний гібридний **«Горизонтальний хмарочос»** в Шеньчжені 2009 р.

Архітектор С. Голл створив єдину спільну структуру довжиною понад 400 метрів, що дорівнює висоті нью-йоркського хмарочоса Емпайр-Стейт-Білдінг і «підняв» її горизонтально над землею, за рахунок цього звільнилося

місце для громадського простору. «Горизонтальний хмарочос» спирається на вісім бетонних опор-ядер, для з'єднання яких в єдину конструкцію використано технології будівництва вантових мостів. Гігантський корпус «літає» у повітрі на висоті декількох десятків метрів над землею, створюючи ефект левітації.

Комплекс поєднує офіси, готель, апартаменти та підземний конференц - центр.

Під хмарочосом розкинувся величезний парк із зеленими насадженнями, штучними озерами, ресторанами та кав'ярнями.

Нижня частина “літаючого ” хмарочоса вирішена у вигляді засклених кубів, цеоглядові зони, які забезпечують панорамний огляд парку на 360 градусів.

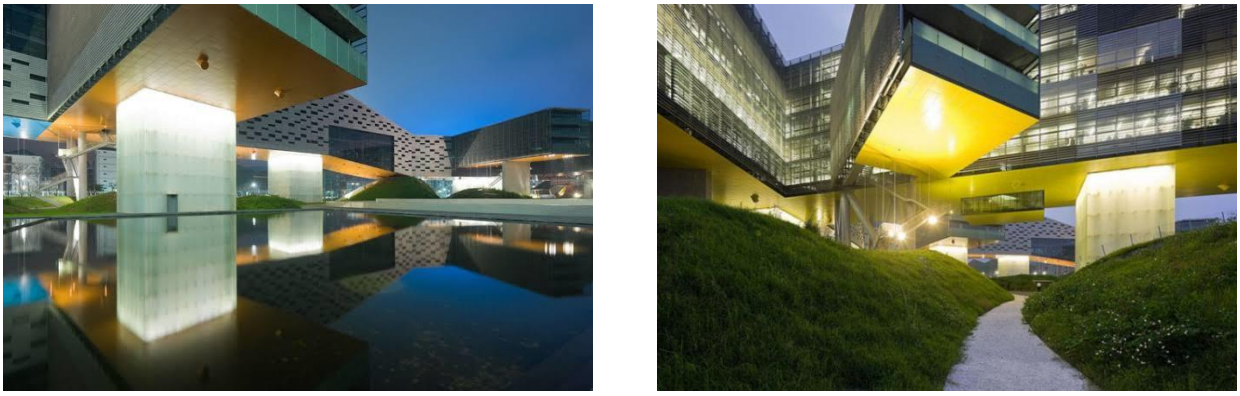


Рис.7. Нижня частина «Горизонтального хмарочоса»

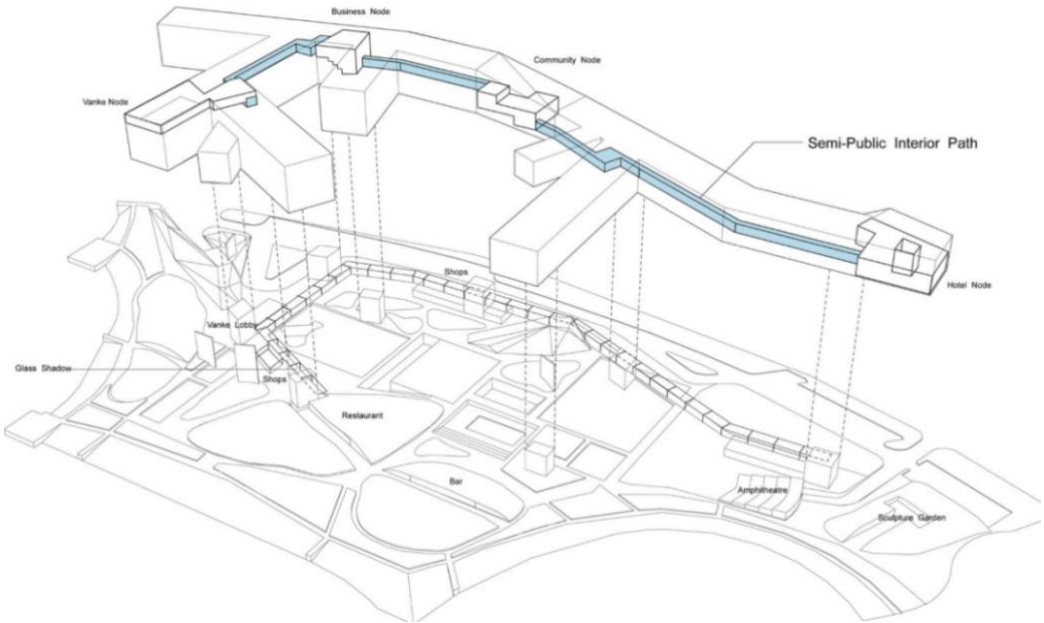


Рис.8. Концептуальна схема «Горизонтальний хмарочос» в Шеньчжені. Арх. С. Голл

Висновки. Головна перевага гібридної архітектури — максимальна ефективність використання міської території, часу та ресурсів.

Урбаністи розглядають гібриди як каталізатори розвитку сучасного міста. Гібриди часто виступають продовженням міської вулиці за рахунок відкритих атріумів , експлуатованих покрівель , зелених терас на середніх рівнях будівель, які стають новими публічними площами для містян.

У проектуванні та будівництві гібридних будівель використовуються інноваційні технології, що забезпечує екологічність їх та енергоефективність: надлишкове тепло перенаправляється на підігрів води або на опалення - Енергетичний обмін (Термодинамічна синергія).

Універсальна конструктивна сітка каркасу гібридних споруд забезпечує можливість гнучкого планувального рішення. Просторова гнучкість та адаптивність гібридних споруд для різного цільового призначення вирішується через складні системи вертикальних комунікацій - ліфти з інтелектуальним розподілом та багаторівневі вестибюлі (sky lobbies).

Житловий комплекс Linked Hybrid-один із найвідоміших «екологічних» проектів у світі має статус екологічно безпечної будівлі, визнаний "Будинком 21"століття.

Список використаних джерел

1. http://www.accbud.ua/architecture/objects/show/id/zhiloj-kompleks-linked-hybrid.

2. https://www.rothoblaas.com/blog/hybrid-buildings-efficiency-in-modern-construction.

3. https://frame-architects.com/hybrid/.

4. https://www.google.com/search?client=opera&q=Відмінність+гібридної+архітектури+будівель+ від+багатофункціональних+будівель&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8.

5. https://www.google.com/search?client=opera&q=Унікальний+гібридний+«Горизонтальний+хмарочос»+в+Шеньчжені+2009+р.+Замість+будівництва+кількох+окремих+веж%2C+архітектор+С.+Голл+створив+одну&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF 8#sv=CAMSOhoyKhBlLVdjVGhrUmxmUDRDZmlNMg5XY1Roa1JsZlA0Q2ZpTToObTFENFRpN1paSjBvV00gBDgAUAUYByC1i_TmDEoIEAIYASACKAE

УДК - 727

ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ ГІБРІДНОЇ АРХІТЕКТУРИ
Частина 2. Проєкти Архітектурного Бюро BIG

Харламова Л.В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Гібридна архітектура — це підхід у сучасному урбанізмі, де одна споруда об'єднує функції, які традиційно розділені:_житло, офіси, громадські простори, індустріальні об'єкти та культуру. Основна частина. Архітектурне бюро BIG є світовим лідером у цьому напрямку, використовуючи метод - змішування побутових елементів із рекреаційними. Гібридні проєкти бюро BIG змінили уявлення про міський простір.

Хрестоматійний приклад архітектурного гібрида - Проект Scala Tower (BIG). Концепція будівлі базується на радикальному переосмисленні форми хмарочоса задля того, щоб зробити мегаструктуру максимально відкритою для суспільства.

Традиційні хмарочоси часто відірвані від пішохода: вони стоять на землі масивною стіною. Бюро BIG вирішили цю проблему, об'єднавши два класичні архетипи Копенгагена - шпиль церкви та «засклену коробку» Scala Tower.

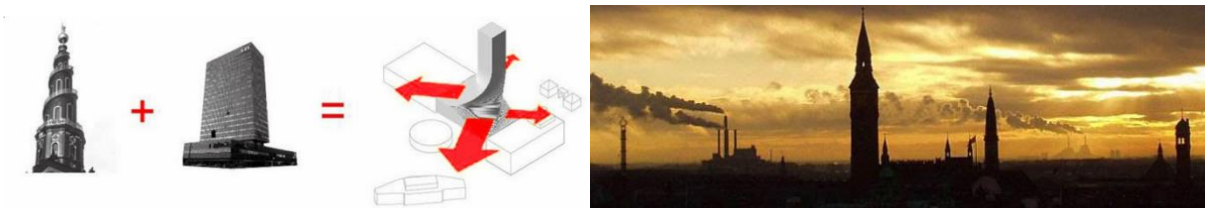


Рис.1. Переосмислення форми хмарочоса. Панорама Копенгагена

Нижний об'єм Scala Tower плавно адаптується під висоту карнизів сусідніх історичних будівель, розмиваючи межу між міським простором і спорудою.

Верх будівлі закручується, звужується і витягується в тонку, витончену 145 метрову вежу, яка стає частиною силуету міста.

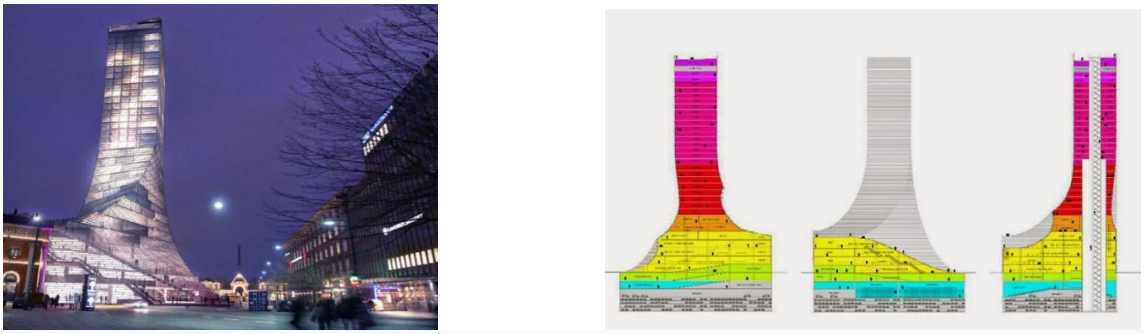


Рис.2. Об'ємно-просторове рішення гібридного хмарочоса

Замість закритих стін архітектори перетворили фасад стилобату на **каскад** терасованих «іспанських» сходів, які закручуються по спіралі. Будь-який перехожий з вулиці може піднятися цими зовнішніми терасами на самий дах стилобата, де розташована публічна оглядова площадка . Цей хід перетворює дах комерційної будівлі на продовження міської площі чи парку. Внутрішнє наповнення будівлі розподілене за принципом від публічного до приватного, де функції плавно змінюють одна одну знизу вгору:

У базі (публічна зона): торгові площі, конференц- центр та бібліотека.



Рис.3. Сходи як громадський простір

Внутрішні інтер'єри бібліотеки дзеркально повторюють каскад зовнішніх сходів, створюючи затишні терасовані читальні зали.
У вежі (приватна зона): офіси та готель. Такий симбіоз функцій вигідний усім: місто отримує сучасну бібліотеку та новий туристичний простір на даху.

Для Копенгагена проект залишився на стадії сміливої концептуальної ідеї, бюро BIG пізніше втілили подібні елементи спіральних терас у реалізованому хмарочосі The Spiral у Нью-Йорку.



Рис.4. Елементи спіральних терас у реалізованому хмарочосі The Spiral у Нью-Йорку

Із зовнішнього боку "Спіралі" Нью-Йорку розташуються ландшафтні тераси, спроектовані у вигляді сходів на які можна вийти з будь-якого поверху. У хмарочосі крім офісів знаходяться конференц-зали, лаунж-зони та ресторани.

Проекти Б'ярка Інгельса будуються навколо поєднання функцій, які раніше існували окремо. Архітектурне Бюро BIG використовує тераси, похилі площини, внутрішні двори, зелені дахи та громадські маршрути як частину архітектури, а не як декоративне доповнення. Тому багато будівель бюро сприймаються одночасно як будинок, міський квартал та штучний ландшафт.

Масштабний гібридний житловий комплекс “8 House" (8 Tallet) у місті Копенгаген, спроєктований як тривимірний міський квартал. Будівля у формі “вісімки” поєднує 476 житлових квартир з офісами, магазинами та дитячим садком на нижніх рівнях. Безперервна велосипедна та пішохідна доріжка піднімається з вулиці до верхніх поверхів, дозволяючи жителям «під'їхати» до своїх дверей на велосипеді, створюючи ефект вертикального передмістя.

Журі Американського інституту архітекторів на врученні нагород 2012 року відзначило “ **8 House** Копенгагена ” як складний і зразковий проєкт нової типології - це проєкт багатоквартирного житла зі змішаним використанням, який майстерно відтворює горизонтальний соціальний зв’язок та взаємодію вулиць сільської околиці за допомогою низки чудових доступних рамп.



Рис.5. Гібридний житловий комплекс “8 House" (8 Tallet) Копенгаген

VIA 57 West — це культовий житловий комплекс зведений у 2016 році за проєктом данського архітектурного бюро BIG (Bjarke Ingels Group) на чолі з Бьярке Інгельсом визнаний найкращим хмарочосом світу .

Житловий комплекс VIA 57 West у Нью-Йорку запровадив новий архітектурний гібридний тип - «корт скайпер» - двір + хмарочос.

Концепція «Гібридної суті» — це архітектурний маніфест, що поєднує вертикальну щільність американського хмарочоса та закритий периметральний двір, характерний для європейської квартальної забудови.

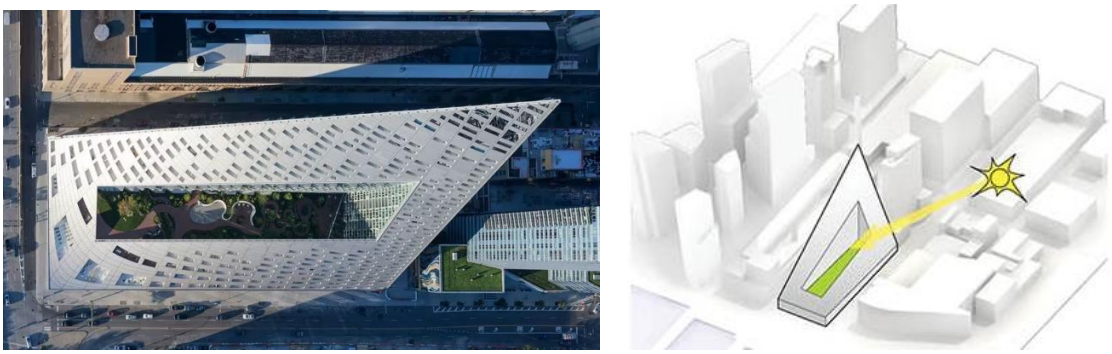


Рис.6. Переосмислення форми хмарочоса з урахуванням інсоляції

Архітектурно-планувальне рішення житлового комплексу - це відсилання до культового «Закону про зонування 1916 року» в Нью-Йорку, який змушував хмарочоси робити з уступами , щоб сонячне світло потрапляло на вулиці.

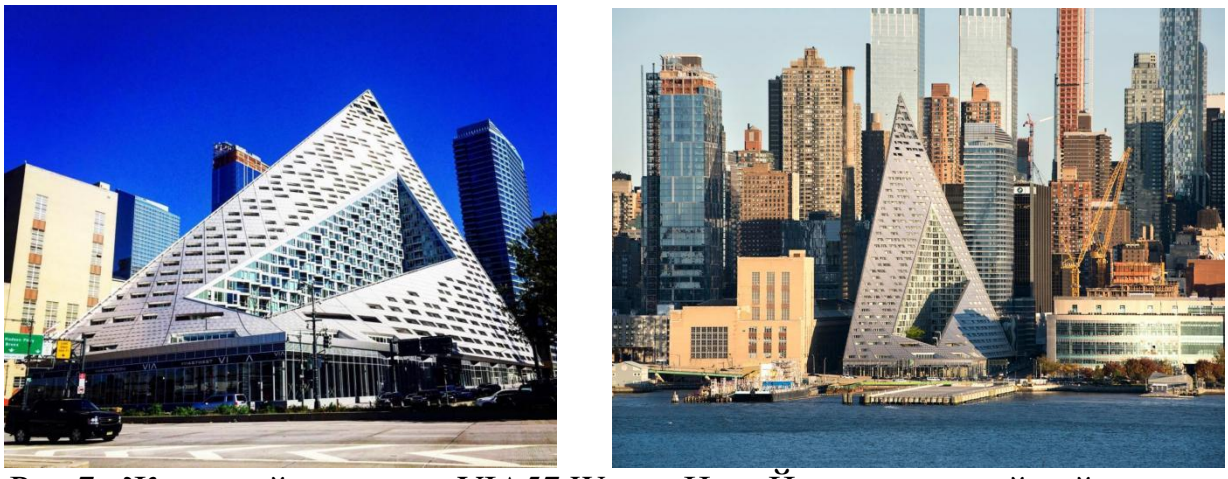


Рис.7. Житловий комплекс VIA57 West у Нью-Йорку визнаний найкращим хмарочосом світу у 2016 р.

З одного боку будівля перетворюється на струнку вежу, що дозволяє їй залишатися висотним хмарочосом, з інших боків будівля нагадує_похилу піраміду з каскадними зеленими терасами. Функціональне зонування VIA57West забезпечує зручне розташування житловой та громадської частини комплексу.

Середній ярус (Соціальний оазис) - місце зустрічі мешканців,передбачені кав'ярні, коворкінги, зимові сади. Похила стіна створює гігантський атріум із висячими садами, біговими доріжками та місцями для відпочинку під скляним дахом.

Нижній ярус - Стилобат - Громадський простір проникний для містян. Планувальним рішенням передбачені велопарковки, критий ринок, дитячі майданчики, що плавно переходять у громадський міський парк навколо вежі.

Найрадикальніший приклад гібридної архітектури у світі, що об'єднує екологічну інфраструктуру та міський курорт **CopenHill** (Amager Bakke).



Рис. 8. Поєднання екологічної інфраструктури та міського курорту CopenHill

Унікальний сучасний Сміттєспалювальний завод з перетворення відходів на енергію в Копенгагені (Данія). Дах використовується як цілорічний гірськолижний схил зі штучним покриттям завдовжки близько 450 метрів;

пішохідну степу з деревами та найвищу у світі стіну для скелелазіння заввишки 85 метрів. На даху передбачено кафе, оглядовий майданчик та пішохідні стежки. Підйом на дах пішки або на скляному ліфті.

Висновки. Головна перевага гібридної архітектури — максимальна ефективність використання міської території, часу та ресурсів.

Гібридні споруди виступають продовженням міської вулиці за рахунок відкритих атріумів , експлуатованих покрівель, зелених терас на середніх рівнях будівель, які стають новими публічними площами для містян.

У проектуванні та будівництві гібридних будівель використовуються інноваційні технології, що забезпечує екологічність їх та енергоефективність. Гібридні архітектурні об'єкти в даний час є трендами і визнаються найкращими у світі.

Список використаних джерел

1. Https://www.google.com/search?Client=opera&q=Проект+Scala+Tower+(BIG)&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8.

2. https://www.google.com/search?client=opera&q=хмарочосі+The+Spiral+у+Нью-Йорку.&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8.

3. https://www.google.com/search?client=opera&q=Гібридний+житловий+комплекс+“8+House"+(8+Tallet)+Копенгаген&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8.

4. https://www.google.com/search?client=opera&q=VIA+57+West+це+культовий+житловий+комплекс+зведений&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8

5. https://www.google.com/search?client=opera&q=Найрадикальніший+приклад+гібридної+архітектури+у+світі%2C+що+об%27єднує+екологічну+інфраструктуру+та+міський+курорт+CopenHill+(Amager+Bakke)&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8

УДК 721

ПЕРСПЕКТИВИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ КОЛИШНЬОГО ХЕРСОНСЬКОГО КОМБАЙНОВОГО ЗАВОДУ В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ МІСТА

Чепіль Р. Д.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. В умовах триваючої війни в Україні постає питання подальшого використання існуючої забудови під час повоєнного відновлення міст. Одним із можливих напрямів є пристосування колишніх промислових будівель і територій до нових функцій. Метою дослідження є визначення перспектив ревіталізації колишнього Херсонського комбайнового заводу на основі аналізу досвіду використання його території, критеріїв ревіталізації промислових об'єктів та можливих сценаріїв адаптації наявної забудови до нових функцій..

Основна частина. Унаслідок тривалих обстрілів Херсон зазнає значних руйнувань житлової забудови та міської інфраструктури. Повоєнне відновлення міста передбачатиме відбудову житла, соціальних закладів і створення умов для повернення мешканців. Обмеженість фінансових ресурсів зумовлює потребу в пошуку рішень, які дозволять максимально використати наявні будівлі та міські території, зокрема колишні промислові об'єкти.

Одним із перспективних напрямів є ревіталізація промислових споруд, які втратили первісне функціональне призначення, але потенційно придатні до подальшої експлуатації. Ревіталізація є комплексним і тривалим процесом, що передбачає не лише відновлення забудови, а й активізацію економічного розвитку території, а також подолання соціальних та екологічних проблем. Вона ґрунтується на взаємозв'язку місцевої громади, міського простору та локальної економіки [1, с. 67]. Ревіталізація промислових територій може стати одним із напрямів комплексного повоєнного відновлення Херсона.

Ревіталізацію промислових територій передбачено Планом відновлення та розвитку Херсонської міської територіальної громади на 2023–2027 роки, затвердженим розпорядженням начальника Херсонської міської військової адміністрації у 2023 році. Документ передбачає розроблення та реалізацію проєктів ревіталізації покинутих і недіючих промислових об'єктів. Серед очікуваних результатів визначено створення нових робочих місць, пожвавлення місцевої економіки та поліпшення соціального середовища [3, с. 5–6]. Таким чином, ревіталізація промислових територій розглядається як один із напрямів упорядкування простору громади та її подальшого розвитку.

До переліку об'єктів, для яких передбачено розроблення концепцій ревіталізації, включено завод імені Г. І. Петровського (Рис. 1). Реалізацію цього проєкту визначено першочерговим завданням [3, с. 25]. За даними Центрального державного науково-технічного архіву України, вказане підприємство було засноване у 1909 році як завод сільськогосподарських

машин І. З. Гуревича, у 1923 році йому присвоїли ім’я Г. І. Петровського, а в 1934 році реорганізували в Херсонський комбайновий завод. Історія заводу відображає тривалий розвиток промислового виробництва в місті, тому його територію доцільно розглядати не лише як ресурс забудови, а і як частину промислової спадщини Херсона.



Рис. 1. Комбайновий завод імені Г. І. Петровського



Рис. 2. Демонстрація культурно-громадського простору Urban CAD

Прикладом ревіталізації частини території колишнього комбайнового заводу став культурно-громадський простір Urban CAD, облаштований на занедбаній ділянці між двома виробничими цехами (Рис. 2). Роботи розпочалися у 2016 році за участю місцевих підприємців і громадськості. Улітку 2017 року простір відкрили для відвідувачів. Urban CAD перетворився на місце відпочинку, проведення культурних заходів і навчальних активностей [4].

Наступним етапом розвитку ревіталізаційної ініціативи мав стати проєкт «Турбіна», що передбачав облаштування громадського простору в колишньому вентиляційному цеху заводу. Передбачалося використання приміщення для проведення лекцій, виставок, кінопоказів, концертів і творчих майстерень, а також для організації коворкінгу [4]. Проєкт не було реалізовано.

Для визначення перспектив подальшої ревіталізації заводу імені Петровського необхідно враховувати критерії вибору об’єктів та напрямів їхнього переобладнання. У дослідженні П. А. Фісуненка та М. В. Орла зазначається, що доцільність ревіталізації визначається сукупністю просторових, конструктивних, технічних, історичних, архітектурних, економічних, соціальних та екологічних критеріїв [2, с. 4]. Тобто при розгляді споруди потрібно враховувати стан об’єкта, історико-культурну цінність, унікальність архітектурних чи інженерних рішень, можливість технічного переобладнання, потенційний економічний і соціальний ефект, розташування в системі міської забудови та доступність.

Важливим є також потенціал поліпшення екологічного стану території шляхом створення зелених і громадських просторів.

Застосування цих критеріїв до заводу дає змогу розглядати його як потенційний об’єкт ревіталізації. Підприємство має історичне значення для міста, а його територія вже була залучена до культурних ініціатив Urban CAD і «Турбіна». Можливість подальшого використання окремих корпусів залежить від їхнього технічного стану, конструктивних характеристик, доступності та відповідності нових функцій потребам громади. [1, с. 69–70; 2, с. 4–5]

Перспективи ревіталізації заводу залежать від технічного стану будівель, їхніх конструктивних особливостей та можливостей пристосування до нових функцій. Для отримання обґрунтованих результатів доцільно здійснити поетапне оцінювання ділянки. На першому етапі необхідно провести інвентаризацію наявної забудови, зафіксувати її геометричні параметри, конструктивні схеми та виявлені пошкодження. На другому етапі слід виконати технічне обстеження конструкцій, оцінити їхню несучу здатність і визначити потребу в ремонті або підсиленні. Вже на основі результатів огляду споруди можна порівняти три сценарії адаптивного використання забудови.

Перший сценарій передбачає збереження будівель із мінімальним втручанням за умови задовільного технічного стану конструкцій. Це дасть змогу зберегти архітектурний характер території та історичну цінність забудови. Пристосування приміщень до нових функцій потребує перевірки їх відповідності чинним вимогам пожежної безпеки, доступності та експлуатації.

Другий сценарій передбачає перепланування з проведення локальних ремонтів, збереженням і підсиленням конструкцій, модернізацією інженерних мереж. Територію можна пристосувати для розміщення творчих майстерень, виставкових просторів і коворкінгу за прикладом проєкту «Турбіна». Такий підхід дозволить поєднати часткове збереження промислової спадщини з розширенням функціональних можливостей будівель.

Третій сценарій передбачено для випадків виявлення аварійних конструкцій або недоцільності їх відновлення. Він передбачає демонтаж аварійних елементів зі збереженням придатних частин споруд. Звільнені ділянки можна використати для громадських просторів, меморіальних зон, озеленення та інших функцій відповідно до потреб території. Доцільність демонтажу має бути обґрунтована з урахуванням збереження промислової спадщини та повторного використання матеріалів

Подальша ревіталізація заводу імені Петровського може сприяти створенню нових громадських просторів і розвитку місцевого підприємництва. Повторне використання промислових будівель передбачає можливість збереження наявних конструкцій, скорочення обсягів демонтажних робіт та економії будівельних матеріалів. Економічна й екологічна доцільність таких рішень потребує оцінювання технічного стану будівель, вартості їх адаптації, обсягів будівельних відходів та енергоспоживання.

Вибір конкретного сценарію ревіталізації має враховувати результати такого оцінювання [1, с. 70; 2, с. 5]

Висновки. Розглянуто перспективи ревіталізації території колишнього Херсонського комбайнового заводу імені Г. І. Петровського в контексті повоєнного відновлення міста. Досвід реалізації культурно-громадського простору Urban CAD та розроблення проєкту «Турбіна» підтверджує можливість функціонального переосмислення окремих ділянок промислової території, та розробку концептуальних рішень щодо ревіталізації заводу вже передбачено Планом відновлення та розвитку Херсонської міської територіальної громади на 2023–2027 роки.

Запропоновано три сценарії адаптивного використання промислової забудови: збереження будівель із мінімальним втручанням, адаптацію з ремонтом і підсиленням конструкцій та часткове збереження споруд із демонтажем аварійних елементів. Вибір сценарію залежить від технічного стану будівель, їхньої історико-архітектурної цінності та можливостей пристосування до нових функцій. Подальше дослідження потребує інвентаризації забудови, технічного обстеження конструкцій та оцінювання економічної доцільності запропонованих рішень.

Список використаних джерел

1. Сич О. А. Ревіталізація як складова стратегії розвитку міста. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Економічна»*. 2020. Вип. 99. С. 66–73.

2. Фісуненко П. А., Орел М. В. Систематизація досвіду ревіталізації територій: стратегії, об’єкти, критерії, рішення. *Економіка та суспільство*. 2026. Вип. 84. С. 1–7.

3. Про затвердження Плану відновлення та розвитку Херсонської міської територіальної громади на 2023–2027 років. Розпорядження начальника Херсонської міської військової адміністрації Херсонського району Херсонської області. Херсон. 20203. № 614-р. С. 1–50.

4. Вірлич Є. «Urban Cad»: як у Херсоні вирішили проблему ревіталізації приміщення заводу. *Кавун.City*. URL: https://kavun.city/articles/90380/urban-cad-yak-u-hersoni-virishili-problemu-revitalizacii-primischennya-zavodu (дата звернення: 23.10.2026).

УДК 69:620.9

ІНТЕГРАЦІЯ СТАНДАРТІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В КОЖЕН ЕТАП УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ

Чалий Р.Д., Гасенко Л.В.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Вступ. Глобальна будівельна галузь є одним із найважливіших факторів економічного розвитку міст, на яку припадає майже 13% світового валового внутрішнього продукту [1]. Водночас вона є одним із найбільш ресурсоємних та екологічно значних секторів промисловості, відповідальним за майже 40% світових викидів парникових газів, понад третину споживання енергії та значну частку виснаження сировинних ресурсів [2]. Тому від сучасного управління будівництвом очікується застосування цілісного підходу, який враховує екологічні, економічні та соціальні аспекти кожного етапу будівництва від видобутку ресурсів та вибору ділянки будівництва до експлуатації, технічного обслуговування та, зрештою, знесення. Сталий розвиток у будівництві передбачає проектування та виконання будівельних проектів, які мінімізують вплив на навколишнє середовище. Зі зростанням обсягів сертифікації «зеленого» будівництва та врахування показників сталого розвитку, фахівці будівельної галузі мають бути все більш обізнаними у передових практиках сталого будівництва, основні з яких проаналізовано у даній статті.

Основний текст. Ключові практики сталого розвитку, що можуть бути інтегровані в кожен етап управління будівництвом, наведені на рисунку 1. Ретельний вибір та планування ділянки можуть значно зменшити погіршення стану навколишнього середовища та сприяти екологічному балансу. Такі фактори, як мінімізація порушення природних середовищ існування флори і фауни, збереження існуючої рослинності та забезпечення належного дренажу ділянки, є критично важливими. Крім того, керівники будівельних проектів мають надавати пріоритет ділянкам міської забудови або реконструкції забудованих територій, щоб зменшити розростання та обмежити потребу в новій інфраструктурі. Близькість до громадського транспорту, комунальних послуг та служб громади також підвищує стійкість проектів.

Будівельна галузь споживає величезну кількість сировини, відповідно сучасне управління будівельним процесом має надавати пріоритет використанню перероблених, відновлюваних та місцевих матеріалів. Вибір матеріалів, виробництво яких потребує менших енергозатрат та супроводжується низьким рівнем викидів летких органічних сполук, може зменшити вплив проекту на навколишнє середовище. Контроль запасів, своєчасна доставка та належні методи зберігання також запобігають зайвим витратам матеріалів. Будівельні відходи та елементи знесених будівель і споруд становлять значну частку глобального вмісту сміттєзвалищ. Впровадження плану управління відходами з самого початку гарантує, що будівельне сміття буде повторно використано, перероблено або утилізовано відповідально.



Рис. 1. Практики сталого розвитку, що можуть бути інтегровані в кожен етап управління будівництвом

Сортування відходів на місці, повторне використання бетону та деревини, а також переробка будівельних матеріалів, є практичними способами мінімізації впливу будівельної галузі на наповнення сміттєзвалищ. Управління будівництвом при цьому має зосереджуватися на процесах аудиту відходів та

документуванні, що допоможе дотримуватися нормативних вимог та підвищувати підзвітність.

Зменшення споживання енергії під час будівництва та на етапі експлуатації будівель є ключовим напрямком сталого управління, що включає використання енергоефективних машин і механізмів, оптимізацію систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря та впровадження принципів пасивного проектування, таких як природна вентиляція та орієнтація на сонячне випромінювання. Також все більш актуальними стають можливості інтеграції у проекти відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі або геотермальні системи. Ці заходи не лише зменшують викиди, але й забезпечують довгострокові переваги в експлуатаційних витратах.

Дефіцит води є зростаючою глобальною проблемою, і управлінці будівельними процесами мають впроваджувати стратегії для мінімізації використання води на будівельному майданчику. Такі методи, як збір дощової води, повторне використання сірої води та низькотемпературні арматури в будівлях допомагають зменшити потребу у воді. Під час будівництва системи пилопридушення, станції миття коліс та належне планування ділянки можуть ще більше обмежити непотрібне споживання води. Розуміння регіональної доступності води та дотримання правил управління водними ресурсами є важливим для успішної реалізації проекту.

Окрім енергії та води, сучасні екологічно чисті будівлі повинні підтримувати здоров'я та благополуччя майбутніх мешканців. Високоякісне внутрішнє середовище характеризується гарною якістю повітря, природним освітленням, контролем температури та використанням нетоксичних матеріалів. Керівники будівництва повинні забезпечити, щоб проєкти включали відповідні системи вентиляції, стратегії денного освітлення та управління акустикою. Увага до якості повітря в приміщенні покращує комфорт мешканців, і підвищує продуктивність працюючих, що є критично важливими результатами для комерційних та інституційних будівель.

Технології відіграють трансформаційну роль у тому, щоб зробити стале будівництво більш доцільним та економічно ефективним. Керівники будівельного процесу тепер мають доступ до таких інструментів, як безпілотні літальні апарати для моніторингу будівельного майданчика, 3D-друк для ефективності використання матеріалів та цифрові двійники для моделювання енергоефективності. Цифрові платформи також можуть забезпечувати безперебійну співпрацю між зацікавленими сторонами, дозволяючи вбудовувати цілі сталого розвитку в проект з самого початку. Також досліджуються можливості штучного інтелекту та машинного навчання для оптимізації вибору матеріалів, розподілу робочої сили та ефективності ланцюга поставок.

Останні дослідження доводять, що методології екологічної інженерії, такі як оцінка впливу на навколишнє середовище та оцінка життєвого циклу, все частіше використовуються для вимірювання наслідків будівельної діяльності на різних етапах [3]. Ці інструменти надають кількісне уявлення про викиди, використання ресурсів та утворення відходів, допомагаючи особам, що приймають рішення, мінімізувати негативний вплив. Аналогічно, глобальні

сертифікати сталого розвитку, такі як «Лідерство в енергетичному та екологічному дизайні», «Метод оцінки навколишнього середовища будівельних досліджень» та «Німецьке товариство з будівництва наступного покоління» у Німеччині, відіграють трансформаційну роль у стандартизації сталих практик. Хоча ці рамки відрізняються залежно від регіону, вони мають спільну мету зробити будівництво більш ресурсоефективним та екологічно відповідальним [4]. Окрім екологічної ефективності, будівельний сектор все частіше оцінюється через ширші суспільні очікування. Структури корпоративної соціальної відповідальності більше не є другорядними, а стають центральними для підтримки конкурентоспроможності та стійкості на світових ринках. Зацікавлені сторони тепер вимагають, щоб підрядники, консультанти та забудовники демонстрували не лише технічну майстерність, але й відданість етичним, прозорим та екологічно стійким операціям [5].

Водночас будівельні організації можуть зіткнутися з перешкодами під час впровадження ініціатив сталого розвитку, до яких належать не сприйняття додаткових витрат, опір змінам, брак знань та складність регулювання. Вартість сталих практик також залишається серйозною проблемою, але дедалі більше доказів свідчать про те, що сталі проекти забезпечують вищу віддачу протягом всього життєвого циклу, а будівельні фірми, які є лідерами у сфері сталого розвитку, отримують значну конкурентну перевагу на дедалі екологічнішому ринку.

Висновок. Сталий розвиток є визначальною рисою сучасного управління проектами. Від збереження ресурсів та зменшення відходів до енергоефективності та добробуту мешканців, обов'язки керівників будівництва тепер виходять далеко за рамки традиційних проектних завдань. Застосовуючи передові практики сталого розвитку на кожному етапі будівельного процесу, будівельні організації не лише роблять свій внесок у здоровішу планету, але й забезпечують кращі результати проектів, зниження ризиків та більшу довіру зацікавлених сторін.

Список використаних джерел

1. Lopes, J. Construction in the economy and in national development. In Research Companion to Construction Economics; Edward Elgar Publishing: Gloucestershire, UK, 2022; pp. 104–125.

2. Alghamdi, Abdulaziz. (2025). Sustainable Practices in Construction Management and Environmental Engineering: A Review. Sustainability. 17. 10027. 10.3390/su172210027.

3. Dechaicha, A. Performance Environnementale et Innovations Technologiques dans le Bâtiment. Магістерська робота, Université 8 Mai 1945, Guelma, Algeria, 2022.

4. Chi, B.; Lu, W.; Ye, M.; Bao, Z.; Zhang, X. Construction waste minimization in green building: A comparative analysis of LEED-NC 2009 certified projects in the US and China. J. Clean. Prod. 2020, 256, 120749.

5. Mboulou, J.G.P. Le Recours au Dialogue Avec les Parties Prenantes dans L’exercice de la Responsabilité Sociale des Entreprises (RSE): Proposition D’une Typologie. Ph.D. Thesis, Université Bourgogne Franche-Comté, Dijon, France, 2021.