



Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет
будівництва і архітектури
Кафедра технологій захисту навколишнього середовища
та охорони праці КНУБА
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного
простору НАН України
Київська обласна рада

Підкомітет з питань містобудування, благоустрою та земельних
відносин у межах території забудови Комітету Верховної ради
України з питань організації державної влади, місцевого
самоврядування, регіонального розвитку та містобудування
Державне підприємство «Науково-дослідний та
конструкторсько-технологічний інститут міського
господарства»

Національний університет «Львівська політехніка»
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету
Донбаська національна академія будівництва і архітектури
(Краматорськ)

ВГО «Жива планета»
Академія будівництва України
Академія технічних наук України
Українська академія архітектури
Національна спілка журналістів України
Лекторій «Наукові зустрічі/Scientific Meetings»
International Technology Transfer Association (ITTA)
Агенція відбудови України
Ченстоховська політехніка
Університет прикладних наук у Нисі
Азербайджанський архітектурно-будівельний університет
Грузинський технічний університет



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



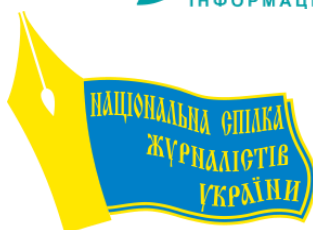
AIMM



Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction» («Зелене будівництво») 13-14 травня 2025 року

Медійна підтримка

interfax-УКРАЇНА
ІНФОРМАЦІЙНЕ АГЕНТСТВО



[https://www.youtube.com/
@scientificmeetings](https://www.youtube.com/@scientificmeetings)



Київ 2025
13-14 травня 2025 року

Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури. 2025, 383 с.

Видається за рішенням оргкомітету конференції.

IV Міжнародна науково-практична конференція «Green Construction» («Зелене будівництво») проведена кафедрою технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці Київського національного університету будівництва і архітектури.

У роботі конференції взяли участь представники вищих та загальноосвітніх навчальних закладів, приватних компаній.

У збірнику наведені матеріали, які висвітлюють головні питання «Зеленого будівництва»

Відповідальна за випуск: д.т.н., проф. Тетяна ТКАЧЕНКО

Матеріали друкуються в авторській редакції і відповідальність за їх зміст несуть автори. Оргкомітет конференції претензії з цього приводу не приймає.

© Київський національний університет
будівництва і архітектури, 2025

Зміст

<i>Азізова А.</i> РЕМОНТ І ПІДСИЛЕННЯ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕКОЛОГІЧНОГО БЕТОНУ І РОЗЧИНУ	10
<i>Краснянський Г., Гусєв В., Азнаурян І., Бесараб О., Погребняк Ю.</i> ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМОІЗОЛЯЦІЇ СТІНИ БУДІВЛІ РОЗРАХУНКОВИМ МЕТОДОМ	12
<i>Божанова В., Манвелян Д.</i> ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	14
<i>Божанова В., Баціон Ю.</i> РОЛЬ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ ПРИ ВІДБУДОВІ УКРАЇНИ	18
<i>Бедрін В., Савченко А.</i> ПРАВОВІ ТА АРХІТЕКТУРНІ АСПЕКТИ БУДІВНИЦТВА ЗАХИСНИХ СПОРУД В УКРАЇНІ	21
<i>Белюженко М., Сенчук М.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЕЛЕНЬ КОМУНАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА БІОПАЛИВІ	24
<i>Березюк О., Лемешев М.</i> ДИНАМІКА ПОТУЖНОСТІ УСТАНОВОК З ВИДОБУВАННЯ БІОГАЗУ НА ТЕРИТОРІЇ СМІТТЄЗВАЛИЩ УКРАЇНИ	27
<i>Цапко Ю., Бондаренко О., Цапко О., Каверин К., Ющенко А.</i> ОКРЕМІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	32
<i>Бондарець В., Кордуба І.</i> АКТУАЛЬНІСТЬ ІДЕЙ В. І. ВЕРНАДСЬКОГО ДЛЯ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ НАУКИ	35
<i>Боровик П., Кисельов Ю., Рудий Р., Іванчук О., Удовенко І., Шемякін М., Прокопенко Н.</i> ЕФЕКТИВНЕ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ АГРАРНИХ ЗЕМЕЛЬ: РЕАЛІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	37
<i>Гишко А., Брідня Л.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПРИ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ПОСТІНДУСТРІАЛЬНИХ ПРОСТОРІВ. МОДЕЛІ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ГНУЧКОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ АДМІНІСТРАТИВНИХ СПОРУД У ХОСТЕЛИ ТА ГУРТОЖИТКИ: ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ	40
<i>Бугайова С.</i> ПРИНЦИПИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ	44
<i>Буднік С.</i> ТРИВАЛІСТЬ ВИПАДІННЯ ОПАДІВ	48
<i>Юулгакова Д., Ахаїмова А.</i> ВПЛИВ ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ НА ЕСТЕТИЧНЕ СПРИЙНЯТТЯ МІСЬКОГО ПРОСТОРУ	52
<i>Бундзило В., Гулай Б.</i> АКТУАЛЬНІСТЬ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ТЕПЛА: КОНСТРУКЦІЇ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ	54
<i>Божанова В., Васильченко В.</i> ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СТРАТЕГІЙ У ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТАХ ЯК УМОВА	

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ІНТЕГРОВАНОЇ МОБІЛЬНОСТІ	57
<i>Чемеринський Я., Возняк О.</i> ДЕЯКІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВІТРОРОЗПОДІЛУ ЛІНІЙНИМ ЩІЛИННИМ ДИФУЗОРОМ	61
<i>Возняк О., Бохан В.</i> ПОКРАЩЕННЯ ПОВІТРОРОЗПОДІЛУ ЗАКРУЧЕНИМ ПОВІТРЯНИМ СТРУМЕННЯМ	65
<i>Гаєвський В., Филипчук В., Сироватський О.</i> ДИНАМІКА ВІНОСНИХ ВОДНИХ ПОТОКІВ В ОБОРОТНИХ СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖЕННЯ	71
<i>Галущенко Н.</i> ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО ДЛЯ НАЦІОНАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ПАРКІВ НА ПРИКЛАДІ НПП «ВИЖНИЦЬКИЙ»	75
<i>Галяс Д.</i> УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ	78
<i>Гамоцький Р., Кривомаз Т.</i> ДОСВІД УКРАЇНСЬКИХ МІСТ У ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РИЗИКІВ	81
<i>Герасимик-Чернова Т.</i> СТАЛИЙ РОЗВИТОК БУДІВЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ТА ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО	84
<i>Кащенко Т., Гижко А.</i> РЕЦИКЛІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ПОШКОДЖЕНИХ ОБ'ЄКТІВ У МЕЖАХ «ЗЕЛЕНОГО» ВІДНОВЛЕННЯ ЯК ВІДПОВІДЬ НА ВИКЛИКИ ВІЙНИ	87
<i>Гламздін П., Вакуленко Є.</i> ПРОБЛЕМА ВИКОРИСТАННЯ НЕПРОЕКТНОГО ВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА В ПАРОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРОГЕНЕРАТОРАХ	90
<i>Гончар В., Кочевих М., Гончар О., Аношко Д.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ЗНИЖЕННЯ ЕМІСІЇ CO ₂ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ	95
<i>Горбунов Б.</i> ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ВЕНТИЛЯЦІЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З УПРАВЛІННЯМ ПО РІВНЮ CO ₂	100
<i>Григорчук О., Светашов І., Лютий В.</i> ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОНОПЛЯНОГО БЕТОНУ В ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОМУ БУДІВНИЦТВІ	103
<i>Даниленко Д., Котовенко О., Мірошниченко О.</i> ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ СИРОВИНИ ТА ПРОДУКЦІЇ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ	108
<i>Душкін С.</i> ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ СУЧАСНИХ МІСТ	110
<i>Дяченко Х., Литвиненко О.</i> ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО ЯК КЛЮЧ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В МІСТАХ УКРАЇНИ	115
<i>Єгоров В.</i> ПРАВОВІ ОСНОВИ ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ БОЙОВИХ ДІЙ МЕТОДАМИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА	119
<i>Зигун А., Ніколаєнко Д., Плешинець А.</i> РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА У МІСТОБУДУВАННІ	124

Іваненко В. ПОБУДОВА СТІЙКОГО МАЙБУТНЬОГО: ПРОЄКТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ БУДІВЕЛЬ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА	127
Антипов Є., Франчук Ю., Клапченко В., Кузнецова І. ПРО ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ГАЗІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ	130
Клімова І., Мойсеєнко В. ОГЛЯД ТАКСОНОМЕТРИЧНИХ ЗАСАД ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ЗЕЛЕНОЇ УГОДИ	135
Кожевніков С., Березницька Ю. СТАЛИЙ ДИЗАЙН ПРОДУКТУ ЯК ВАЖЛИВИЙ КРИТЕРІЙ ВИКОРИСТАННЯ РЕСАЙКЛІНГУ У ПВХ ПРОФІЛЯХ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	139
Козаченков А. ФІЗИЧНИЙ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ КОМФОРТ ТА ЯКІСТЬ ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ	143
Жукова О., Кордуба І., Труш І. ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ БУДІВЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ	145
Котуранова Т., Котуранова І. ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ: ТРЕНДИ І ПЕРСПЕКТИВИ	148
Пушкарьова К., Кочевих М., Гончар О., Глумаков І. ШЛЯХИ ДОЦІЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ВІДХОДІВ, ЩО УТВОРИЛИСЯ ПРИ РУЙНУВАННІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	150
Кочерган А., Ткаченко Т. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ	155
Кравченко М., Щербак А. РОЛЬ РОСЛИН У ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОЩОВИХ САДІВ: УЗАГАЛЬНЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ І РЕКОМЕНДАЦІЙ	159
Кравчук О., Кравчук А. РОЗРАХУНОК ВЕЛИЧИН ЕФЕКТИВНОГО ДІАМЕТРА ЗБІРНИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ	164
Красовська І., Гребенюк Є. КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС	167
Кривомаз Т. НОВІ ТРЕНДИ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ	171
Кудря Я. ЗАПОРУКА УСПІХУ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА – СТАЛИЙ РОЗВИТОК БУДІВЕЛЬНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ (ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВІ КОРЕЛЯЦІЇ У СВІТЛІ СИНГУЛЯРНОСТІ РЕГІОНАЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОЇ ПОЛІТИКИ)	174
Курепін В. ЗЕЛЕНІ БАЛКОНИ, ЯК НАПРЯМ У ФІТОДИЗАЙНІ: НОВІ МОЖЛИВОСТІ ОЗЕЛЕНЕННЯ	178
Кушка О., Нечипор О., Гіжса О., Котенко М. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ ДВОРОВОЇ МЕРЕЖІ ПОБУТОВОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ	181

Лепська Л. ПАСИВНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ БУДІВЕЛЬ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ: АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗЕЛЕНОГО ДАХУ	184
Котовенко О., Мірошніченко О., Литовченко С. ГІДРОЕНЕРГЕТИКА ЯК СКЛАДОВА ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	187
Максименко А., Клімова І. ЗАХИСТ ВІД ШУМУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ШУМОЗАХИСНОГО КОРОБА	190
Максимів М. РОЛЬ ДЕРЕВИНИ ТА ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ У ЗЕЛЕНОМУ БУДІВНИЦТВІ В КОНТЕКСТІ ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ Й ЕКОНОМІКИ ЗАМКНЕНИХ ЦИКЛІВ	193
Мартинов В., Мартинюк О., Стаднійчук Д., Поляк Ю. МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ НА РІВЕНЬ ТРАНСМІСІЙНИХ ТЕПЛОВТРАТ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ	197
Матвійчук К., Ткаченко Т. ВИКОРИСТАННЯ СИЗАЛЕВОГО ВОЛОКНА У ВСТАНОВЛЕННІ ЗЕЛЕНИХ ПОКРІВЕЛЬ	200
Муса С., Сшаповал С. ІННОВАЦІЙНИЙ ГІБРИДНИЙ СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	203
Кравченко М., Ткаченко Т., Мілейковський В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИДАЛЕННЯ НАФТОВИХ ВУГЛЕВОДНІВ У ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ШАРАХ ДОЩОВИХ САДІВ	208
Морик Д., Ткаченко Т., Лістрова Т. ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО В АРХІТЕКТУРІ ТА МІСТОБУДУВАННІ	213
Москвітін А., Бондаренко В. ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ	216
Москвітін А., Мельниченко В. АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ ВІД КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК	219
Москвітін А., Охрисько В., Костюк П. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	222
Негода Н., Жукова О., Бестюк В., Панько П. СВІТОВИЙ ДОСВІД УТИЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ	225
Божанова В., Непершина А. ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗЕЛЕНОЇ ЛОГІСТИКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ БУДІВНИЦТВА	227
Нестер А. УКРИТТЯ НА УКРАЇНСЬКИХ ОБ'ЄКТАХ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА	230
Новак Є. ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ РЕКУПЕРАТОРА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ	235

Норкін Р. МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ЦЕГЛЯНОЇ СТІНИ ПРИ УТЕПЛЕННІ ПІНОСКЛОМ (з аналізом точки роси)	237
Божанова В., Омелич О. РОЛЬ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЛОГІСТИКИ У ЗМЕНШЕННІ ЕКОЛОГІЧНОГО СЛІДУ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ	239
Пантюхіна О. СТАЛІ ПОСЕЛЕННЯ ЯК МОДЕЛЬ ПІСЛЯВОЄННОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ	244
Настоящий В., Пашинський В., Пашинський М. ДО ОЦІНЮВАННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СОНЯЧИХ ПАНЕЛЕЙ ЯК ЕЛЕМЕНТА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ	248
Пашинський В., Настоящий В., Пашинський М. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОРЯДКУ ПРИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	252
Плоский В., Забарило О., Коротких Ю., Забарило П. ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГОГЕНЕРАЦІЇ ЯК КЛЮЧОВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ	255
Романенко О. ПРОЄКТ БУДІВНИЦТВА БУДИНОЧКА ДЛЯ УЧНІВ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНИМИ ПОТРЕБАМИ: ІНКЛЮЗИВНА ОСВІТА	260
Ткаченко Т., Руденко Д. ВОДОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗЕЛЕНОМУ БУДІВНИЦТВІ	264
Коваленко С., Савченко А. ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО І ЗАКОН: ЯК АРХІТЕКТОРИ АДАПТУЮТЬСЯ ДО ЕКОЛОГІЧНИХ ЗМІН	267
Саньков П., Гільов В., Ткач Н. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ВІКОН І ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ШУМОЗАХИСТУ	270
Сатін І., Колтик О., Панченко О. ОЦІНКА ОБСЯГІВ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ВІД РУЙНУВАНЬ	274
Сахновська В., Ткаченко Т. РОЛЬ ЗЕЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УПРАВЛІННІ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ В МІСЬКИХ СИСТЕМАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ	278
Сергейчук О., Козак Ю. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАТІНЕННЯ СОНЦЕЗАХИСТУ ІЗ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ	282
Старжинський П., Прокопенко І. ФАКТОРИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ УРБООКОСИСТЕМ	287
Стеценко С. ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ЯК ПРІОРИТЕТ ЗЕЛЕНОГО КУРСУ РОЗВИТКУ ТА ОРІЄНТИР ПОЛІТИКИ ІДЕНТИЧНОСТІ	289
Телима С. ПРО ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ЗАКРІПЛЕНОГО БІОЦЕНОЗУ В БІОРЕАКТОРАХ ПРИ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД	292

Ткаченко Т., Милейковский В. ПЕРШІ УКРАЇНСЬКІ СТАНДАРТИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА	297
Трофимчук О., Триснюк В. ОЦІНЮВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ РИЗИКІВ ДЛЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА: ЦИФРОВІ ПІДХОДИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ	302
Триснюк Т., Молодецький Б., Мосійчук Д., Дзюба В., Фадеїчев В. СИСТЕМИ РАДІОМОНІТОРИНГУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА КОНТРОЛЮ ЕФІРНОГО ПРОСТОРУ	305
Уланов М. ТЕПЛОВІ НАСОСИ, ЯК ОДИН ІЗ СУТТЄВИХ ЧИННИКІВ ОТРИМАННЯ СЕРТИФІКАТА ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА	307
Уманец М., Ткаченко Т. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ	310
Федонюк В., Федонюк М. ПРОЄКТ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ «ЗЕЛЕНИХ ЗУПИНОК» У ЛУЦЬКУ	313
Федоренко С., Василенко Л. «ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО»: МЕТОДИ ТА ЕТАПИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА	316
Фесенко Г. ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО ДЛЯ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ЛАНДШАФТІВ: ПЕРЕОСМИСЛЕННЯ УРБАН-МЕНЕДЖМЕНТУ	319
Фесенко Т. ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО В УПРАВЛІННІ МІСЬКИМ ПЛАНУВАННЯМ: ЕКОФЕМІНІСТИЧНІ ВІЗІЇ	322
Добровольська О., Фостащенко О. ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ	326
Харламова О., Ревякіна Н. ВПЛИВ КИСНЕВОГО РЕЖИМУ НА ВИДАЛЕННЯ АЗОТУ ІЗ СТИЧНИХ ВОД	330
Чертков О. СУЧАСНІ ФАСАДНІ РІШЕННЯ: ЗДАТНІСТЬ РЕАГУВАННЯ НА ЗМІНИ ДОВКІЛЛЯ	335
Чорноморденко І. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ: ПОМІЧНИК ЧИ КОНКУРЕНТ?	339
Шайдюк Є. УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ДЛЯ ПРАЦІВНИКІВ ІТ-СФЕРИ В КОНТЕКСТІ ПРИНЦИПІВ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА	342
Хмельник В., Нестеренко В. ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО – ВІЙСЬКОВІ ВИКЛИКИ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	346
Цапко Ю., Бондаренко О., Цапко О., Каверин К., Ющенко А. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ШТУКАТУРКИ ДЛЯ БЕТОНУ	350
Циба А., Кривомаз Т. ESG СТРУКТУРА ДЛЯ ПРОЄКТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗАСТАРІЛОГО ЖИТЛА	353
Цюрюпа Ю., Бубон С. РОЗРОБЛЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ФАКТОРІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ПОЯВУ ТА ПЕРЕБІГ «СИНДРОМУ ХВОРОЇ БУДІВЛІ»	356

Швець Я. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ГОРІННЯ ГАЗОВОГО ПАЛИВА В ОБЛАДНАННЯХ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	358
Ткаченко Т., Шовкун М., Клімович Д. ВЕРТИКАЛЬНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА ЗА СУЧАСНИМИ ВИМОГАМИ І ТЕХНОЛОГІЯМИ	360
Шумбар К., Ткаченко Т. ОЦІНКА АКУСТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕЛЕНОГО ФАСАДУ З ВИКОРИСТАННЯМ <i>PARTHENOCISSUS QUINQUEFOLIA</i>	362
Касьянова О. ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО МАСКУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ	366
Старжинський П., Ужик В., Новосельський О. ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ	371
Клименко М., Михайло Губчик М., Марач В. ЕКО-ІННОВАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТУ: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЦИФРОВИЙ МОНІТОРИНГ І ВІДНОВЛЮВАНІ РЕСУРСИ	374

РЕМОНТ І ПІДСИЛЕННЯ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕКОЛОГІЧНОГО БЕТОНУ І РОЗЧИНУ

Анна Азізова

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка», galinskata@ukr.net*

Залізобетонні і бетонні конструкції в результаті довготривалої експлуатації будівель і споруд зазнають фізичного зносу і потребують з часом ремонту, модернізації і підсилення.

Як відмічають науковці в роботі [1] подовження терміну експлуатації бетонних і залізобетонних конструкцій за рахунок їх ремонту і підсилення дозволить зменшити шкідливі викиди, що пов'язані з їх виготовленням і будівництвом, та підвищити екологічний стан місцевості. Одним із методів підсилення бетонних і залізобетонних конструкцій і елементів є метод їх посилення зі збільшенням їх перерізу, який полягає у відновленні чи збільшенні несучої їх здатності шляхом нарощування зовні додатковим шаром із бетону чи розчину і збільшення розміру перерізу вихідних (початкових) компонентів їх армування. Перевага цього методу полягає в тому, що після його застосування відновлюється чи збільшується жорсткість, несуча здатність і деформативність конструкцій (елементів), а також підвищується їх експлуатаційна надійність. Даний метод широко використовується для ремонту і підсилення залізобетонних колон, балкових та плитних конструкцій. Додатковий шар підсилення із бетону чи розчину улаштовується в зоні розтягу перерізу, виконуючи захисну функцію для стрижнів робочої арматури, або може перебувати в зоні стиснення перерізу конструкції (елемента), збільшуючи її ефективну висоту, тим самим покращуючи її згинальну та зсувну несучу здатність, підвищуючи її жорсткість.

Для ефективного відновлення бетону та залізобетону ремонтний склад повинен мати високу адгезію до бетону, що відновлюється, мати схожі з бетоном фізико-хімічні параметри, мінімальну усадку, низьке водо-цементне відношення та бути придатним для легкого укладення [2]. Експлуатаційні характеристики матеріалів і виробів на цементній основі, які використовуються для ремонту (неконструкційний ремонт) і підсилення (конструкційний ремонт) бетонних і залізобетонних конструкцій, повинні відповідати вимогам, які застосовуються до них згідно норм ДСТУ EN 1504-3:2022 [3] (див. табл. 1). До класу R4 відносяться матеріали, які застосовуються для ремонту основних несучих конструкцій, а до класу R3 – матеріали для ремонту огорожуючих і самонесучих конструкцій.

В наукових роботах [4, 5] були проведені дослідження щодо застосування розчинів з компонентами відходів із пластику, скла при відновленні захисного шару бетону конструкцій. Застосування полімерних екологічних розчину і бетону для ремонту захисного шару бетону і підсилення

залізобетонних конструкцій не має на сьогодні масового характеру, тому необхідно здійснювати подальші наукові дослідження у цьому напрямку.

Таблиця 1

Вимоги до експлуатаційних характеристик матеріалів (виробів) на цементній основі згідно ДСТУ EN 1504-3:2022 [3], які призначені для конструкційного та неконструкційного ремонтів

Найменування експлуатаційної характеристики	Метод випробування	Значення вимоги			
		конструкційний		неконструкційний	
		Класи			
		R4	R3	R2	R1
Міцність на стиск, МПа	EN 12190	≥45	≥25	≥15	≥10
Міцність зчеплення з бетоном, МПа	EN 1542	≥2	≥1,5	≥0,8	≥0,8
Модуль пружності, ГПа	EN 13412	≥20	≥15	НВ	НВ
Сумісність при циклах заморожування/відтаювання. Адгезія після 50 циклів	EN 12617-4	≥2	≥1,5	≥0,8	ВК
Стійкість до карбонізації, глибина (d _k)	EN 13295	d _k < контрольного бетону			
Стійкість до термічного удару в сухому стані. Адгезія після 30 циклів	EN 12617-4	≥2	≥1,5	≥0,8	ВК
Стійкість до термічного удару (грозовий дощ). Адгезія після 30 циклів	EN 12617-4	≥2	≥1,5	≥0,8	В
Капілярна сорбція (коефіцієнт капілярного переносу), кг/м ² .ч ^{-0,5}	EN 13057	≤0,5		≤0,5	НВ
Вміст хлоридів, % за масою	EN 1015-17	≤0,05			
Примітка: НВ – не має вимог; ВК – візуальний контроль					

ЛІТЕРАТУРА

1. Spiegl, M.; Feldbacher, R.; Öhrlein, M. Strengthening of concrete structures- Today's green solution for upcoming engineering challenges. *13th Central European Congress On Concrete Engineering, CCC 2022 Zakopane, Poland, 13-14 September, 2022*. P.1-16.

2. Kovalenko, O. (2016). Особливості відновлення та захисту бетону гідротехнічних споруд водо-господарсько-меліоративного комплексу. *Меліорація і водне господарство*, 104(2), 126 - 132.

3. ДСТУ EN 1504-3:2022 (EN 1504-3:2006) Вироби і системи для захисту й ремонту бетонних конструкцій. Визначення, вимоги, контроль якості та оцінювання відповідності. Частина 3. Ремонт несівних та ненесівних конструкцій. Затв. наказом ДП «УкрНДНЦ» від 28.12.2022 № 285, чинні з 31.12.2023 р.- К.: ДП «УкрНДНЦ». - 9 с.

4. Todaro, F.; Petrella, A.; Santomasi, G.; De Gisi, S.; Notarnicola, M. Environmental Sustainable Cement Mortars Based on Polyethylene Terephthalate from Recycling Operations. *Materials* 2023, 16, 2111. <https://doi.org/10.3390/ma16052111>

5. Galinsky O.M. *et al* (2020) Research of technologies for restoration of the concrete protective layer of reinforced concrete constructions during the reconstruction of the buildings and structures. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 907.012056. – 8 с. DOI 10.1088/1757-899X/907/1/012056

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМОІЗОЛЯЦІЇ СТІНИ БУДІВЛІ РОЗРАХУНКОВИМ МЕТОДОМ

*Краснянський Григорій Юхимович¹, Гусєв Віктор Миколайович²,
Азнаурян Ірина Олександрівна¹, Бесараб Олег Миколайович¹,
Погребняк Юрій Миколайович¹*

¹Київський національний університет будівництва і архітектури,

²Херсонська державна морська академія,

krasnianskyi.giu@knuba.edu.ua, aznaurian.io@knuba.edu.ua,

besarab.om@knuba.edu.ua, pohrebniak_ym@knuba.edu.ua

Забезпечення високої енергоефективності будівель є предметом загальноєвропейської директиви EU 2018/844 [1]. Вона включає обов'язкові стандарти енергоефективності і довгострокові стратегії реновації будівель.

Для проєктування термоізоляції будівлі необхідно попередньо оцінити її необхідну і достатню ефективність. Це доцільно робити розрахунковими методами, виходячи з фундаментальних співвідношень теплопередачі та теплофізичних характеристик будівельних, облицювальних та термоізолюючих матеріалів.

Оцінимо температуру зовнішньої поверхні стіни будівлі і тепловтрати через стіну, яка покрита шаром теплоізолюючого матеріалу. Будемо розглядати одновимірну задачу, тобто вважати, що теплота передається перпендикулярно до поверхні стіни, а ізотермами є площини, паралельні до неї. В першому наближенні безпосереднім впливом сонячного випромінювання будемо нехтувати. Крім того будемо вважати, що умови ззовні і всередині будівлі, зокрема, температура і напрямок повітря, з часом не змінюються, тобто теплообмін є усталеним.

Щільність теплового потоку крізь стіну може бути розрахована відповідно до закону охолодження Ньютона:

$$q = U (t_i - t_e), \quad (1)$$

де t_e і t_i – температури повітря зовні і всередині приміщення; U – теплопроникність стіни – величина, обернена до її повного теплового опору R_t :

$$U = \frac{1}{R_t}. \quad (2)$$

Для оцінки R_t необхідно врахувати, що теплообмін між внутрішнім і зовнішнім повітрям відбувається через випромінювання, конвекцію і теплопровідність. Теплота переноситься від повітря всередині приміщення до внутрішньої поверхні стіни завдяки випромінюванню і конвекції, від внутрішньої поверхні стіни до зовнішньої поверхні теплоізолюючого шару – завдяки теплопровідності, від зовнішньої поверхні теплоізолюючого шару в зовнішнє повітря – через випромінювання і конвекцію.

В результаті повний тепловий опір складається з теплових опорів внутрішньої і зовнішньої поверхонь стіни R_{si} і R_{se} , відповідно, і теплових опорів матеріалів стіни R_1 і теплоізолятора R_2 :

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se}. \quad (3)$$

Причому

$$\frac{1}{R_{si}} = \frac{1}{R_{ci}} + \frac{1}{R_{ri}}, \quad \frac{1}{R_{se}} = \frac{1}{R_{ce}} + \frac{1}{R_{re}}, \quad (4)$$

де R_{ci} і R_{ce} – теплові опори, пов'язані з конвекцією, R_{ri} і R_{re} – теплові опори, пов'язані з випромінюванням.

В (4) враховано, що в електричній схемі заміщення опори, які обумовлені конвекцією і випромінюванням, з'єднуються паралельно. Величини R_{si} і R_{se} , таким чином, повинні залежати від випромінювальної здатності поверхонь, виду конвекції, швидкості і напрямку вітру. Їхній розрахунок є складною теплофізичною задачею.

Для оцінки можна використати типові числові значення для більшості прикладних задач, які наведені в ISO 6946:2017 [2].

Величини опорів R_1 і R_2 відповідно до закону Фур'є для теплопровідності можуть бути розраховані за формулами:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}, \quad R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2}, \quad (5)$$

де d_1 і d_2 – товщини стіни і теплоізолятора, λ_1 і λ_2 – коефіцієнти теплопровідності відповідних матеріалів.

Температура зовнішньої поверхні теплоізолюючого шару (t_{se}) відрізняється від температури зовнішнього повітря. Щільність теплового потоку в шарі повітря зовні, яка в даному наближенні дорівнює тепловтратам стіни, може бути визначена за формулою, аналогічною (1):

$$q = \frac{t_{se} - t_e}{R_{se}}. \quad (6)$$

Звідки:

$$t_{se} = t_e + R_{se} q. \quad (7)$$

Після підстановки в (7) значення q із (1), з урахуванням (2), для температури зовнішньої поверхні теплоізолюваної стіни будівлі отримуємо:

$$t_{se} = t_e + R_{se} \frac{1}{R_t} (t_i - t_e). \quad (8)$$

Таким чином. оцінка тепловтрат може бути проведена на основі (6) за вимірним значенням температури зовнішньої поверхні стіни і відомим значенням температури атмосферного повітря. Оцінка температури

зовнішньої поверхні стіни може бути виконана з використанням (8) за відомими значеннями температури повітря зовні і всередині приміщення, товщин і теплопровідностей матеріалів стіни і теплоізолятора.

Для величин теплових опорів зовнішньої і внутрішньої поверхонь стіни, які необхідні для розрахунків, можуть бути використані типові значення відповідно до ISO 6946:2017 [2]. Наприклад, у випадку горизонтального теплового потоку $R_{se} = 0,04 \text{ (м}^2 \times \text{К) / Вт}$, $R_{si} = 0,13 \text{ (м}^2 \times \text{К) / Вт}$.

Досі ми нехтували впливом сонячного випромінювання, питомий тепловий потік якого, коли Сонце в зеніті, становить близько 1000 Вт/м^2 . Взимку вища температура стіни будівлі, нагрітої сонячним випромінюванням, збільшує перепад температур між зовнішньою поверхнею стіни і атмосферним повітрям і, як наслідок, щільність теплового потоку від стіни до зовнішнього середовища. І навпаки, завдяки сонцевому теплонадходженню зменшується різниця температур між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею стіни і відповідна щільність теплового потоку від внутрішнього середовища до стіни. Це можна розглядати як виникнення додаткових теплових потоків до зовнішнього і внутрішнього середовищ, відповідно. Обидва є наслідком поглинутої сонячної енергії. Отже, тепловий потік, спричинений сонячним випромінюванням, має два складники, й обидва потрібно враховувати при точних розрахунках.

ЛІТЕРАТУРА

1. Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. *Official Journal of the European Union*. 2018. v. 61. P. 75-91.

2. ISO 6946:2017. Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method. Official edition. 2017. 40 p.

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Вікторія Божанова¹, Діана Манвелян²

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»,
УДУНТ,¹ vyu7575@gmail.com, ²manvedianocka@gmail.com

Зелене будівництво – це сучасний напрям у сфері архітектури та інженерії, який спрямований на зменшення негативного впливу будівель на навколишнє середовище. Цей підхід охоплює використання екологічно чистих матеріалів, енергоефективних технологій, систем утилізації відходів та альтернативних джерел енергії.

У сучасному світі зростає усвідомлення важливості екологічно сталого розвитку, тому зелене будівництво стає ключовим елементом у містобудуванні та інфраструктурних проєктах.

У різних країнах існують спеціальні стандарти та сертифікаційні системи, які регламентують вимоги до екологічно безпечних будівель та дозволяють виконати їх оцінку. У 1990 р. був розроблений BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method, Велика Британія) - визнаний стандарт міжнародної стійкості, якості та цінності, який може застосовуватися протягом усього життєвого циклу будівлі, як усім активам у будь-якій точці світу, основним напрямом якого стала декарбонізація в будівництві [6, 14]. У 1998 р. був розроблений Leadership in Energy and Environmental Design (LEED, США) – добровільний стандарт сертифікації, що оцінює ефективність використання водних ресурсів, місце «зеленого будівництва», екологічну безпеку будівель, якість дизайну, інновації та надає «Супровід у сфері енергоефективного та екологічного проектування» [6, 10]. У 2007 р. була заснована DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, Німеччина) – система сертифікації, що враховує економічні, екологічні та соціальні аспекти будівництва та орієнтована на стале будівництво [12].

Європейські країни вже багато років активно впроваджують інноваційні та екологічно сталі підходи в архітектуру та будівництво. Приклади успішних проєктів:

1. Офісна будівля «The Edge» (Нідерланди) з енергоефективними «розумними» технологіями, спроектована для мінімізації впливу на навколишнє середовище за допомогою інтелектуальних систем управління. Будівля використовує великі кількості сонячних панелей на даху, а також систему збору дощової води та геотермальне опалення та охолодження [4].

2. Bosco Verticale (Італія) - це унікальний житловий комплекс у центрі Мілана, де на фасадах будівель вирощуються дерева та інші рослини, що сприяють покращенню якості повітря [13].

3. Crystal (Велика Британія) –будівля розроблена для забезпечення енергоефективності та мінімального впливу на навколишнє середовище, працює на відновлюваній енергії, зокрема завдяки сонячним панелям та вітровим турбінам [9, 13].

4. Центр Буллітта (США) - будівля має низку стійких систем, таких як сонячні панелі на даху, система збору та очищення дощової води, система компостного туалету, використовується низка натуральних матеріалів (як деревина місцевого походження та нетоксична обробка), має регенеративний дизайн та інноваційні методи сталого розвитку в дії [9].

З огляду на глобальні тенденції, Україна також почала активно впроваджувати такі інновації у своїх будівельних проєктах:

1. Astarta Organic Business Centre, Київ - це офісний центр, сертифікований за міжнародною системою BREEAM, що гарантує високі стандарти екологічної сталості. Будівля сприяє енергоефективності, зокрема завдяки використанню енергозберігаючих матеріалів, ефективних систем опалення та охолодження [7].

2. Unit.City, Київ – це інноваційний технопарк, що активно використовує екотехнології та стійке містобудування. Це найбільший технопарк в Україні,

який забезпечує сприятливі умови для стартапів, підприємств і технологічних компаній [3].

Розвиток зеленого будівництва в Україні стикається з кількома важливими проблемами. По-перше, висока вартість екологічних технологій суттєво ускладнює їх широке впровадження, оскільки багатьом компаніям не під силу закуповувати та використовувати такі технології у великих масштабах. По-друге, в Україні є дефіцит кваліфікованих спеціалістів, здатних ефективно застосовувати новітні екологічні технології у будівництві, що зупиняє зростання індустрії. І, по-третє, обмежена підтримка з боку держави в частині розвитку зелених ініціатив гальмує просування цього напрямку на загальнодержавному рівні.

За останні роки кількість реалізованих об'єктів зеленого будівництва в світі стрімко зростає. Наприклад, станом на 2023 рік за стандартами LEED сертифіковано понад 100 000 будівель у більш ніж 180 країнах світу, а BREEAM охоплює понад 2 300 000 проєктів у 93 країнах [10, 14]. В Україні таких проєктів менше, проте їх кількість зростає: лише в Києві за 2022–2024 рр. сертифіковано понад 15 нових об'єктів за стандартами BREEAM та LEED [2].

З іншого боку, є значні перспективи для розвитку зеленого будівництва. По-перше, зниження вартості екологічних технологій завдяки технологічному прогресу та локалізації виробництва створює умови для їх більш широкого використання на національному рівні. По-друге, посилення державного регулювання в галузі екологічного будівництва, прийняття нових законодавчих ініціатив можуть стимулювати масове впровадження міжнародних стандартів у будівельний сектор України. І, по-третє, зростаючий інтерес девелоперів та інвесторів до екологічно чистих будівель стимулюватиме підвищення попиту на подібні проєкти, що сприятиме активному розвитку цього напрямку.

Як зазначається у джерелах, використання зелених технологій дозволяє зменшити енергоспоживання будівлі до 50% порівняно з традиційними аналогами, а також знижує експлуатаційні витрати до 30% [5]. Крім того, такі об'єкти забезпечують покращену якість повітря та мікроклімату всередині приміщень, що позитивно впливає на здоров'я та продуктивність працівників [1]. Це підтверджує як економічну доцільність, так і соціальну ефективність впровадження сталих рішень у будівництві.

Зелене будівництво – це не лише сучасний тренд, а й стратегічно важливий напрям для сталого розвитку міст. Використання енергоефективних технологій, відновлюваних джерел енергії та екологічних матеріалів сприяє підвищенню якості життя та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Україна має значний потенціал у розвитку зеленого будівництва, і подальше впровадження міжнародних стандартів може стати ключем до створення екологічно чистої та комфортної інфраструктури в країні.

Стосовно шляхів реалізації проєктів зеленого будівництва в Україні, зазначимо наступне. Щоб активізувати впровадження зелених стандартів,

доцільно запровадити комплексну стратегію на державному рівні. Це може включати фінансові стимули для забудовників, спрощення сертифікаційних процедур, розвиток внутрішнього ринку екологічних матеріалів і посилення освітніх ініціатив для фахівців галузі. Також важливо інтегрувати принципи сталості в нормативно-правову базу містобудування. Саме така цілеспрямована політика дозволить Україні не лише надолужити відставання, а й зайняти гідне місце на карті світових екологічних ініціатив.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зелене будівництво в Україні, перспективи. 09.04.2020. *Budynok.com.ua*: веб-сайт. URL: <https://budynok.com.ua/ua/green-building-in-ukraine-prospects>
2. Зелене будівництво. Правила та методи. *Vertaki*: веб-сайт 01.04.2024. URL: <https://vertaki.com.ua/zelene-budivnitstvo/> (дата звернення 06.04.2025).
3. Інноваційний парк UNIT.City. *UNIT.City*: веб-сайт. URL: <https://unit.city/> (дата звернення 06.04.2025).
4. Розумніший офіс із програмним забезпеченням Interact Office. *Interact*: веб-сайт. URL: <https://www.interact-lighting.com/uk-ua/customer-stories/the-edge> (дата звернення 06.04.2025).
5. Що таке зелене будівництво та чому це важливо? *UkraineInvest*: веб-сайт. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/news/31-05-22-2/> (дата звернення 06.04.2025).
6. Ярош А. LEED та BREEAM стандарт. *Нерухомі*: веб-сайт. 01.11.2024. URL: <https://nerukhomi.ua/ukr/news/leed-ta-breeam-standart.htm> (дата звернення 06.04.2025).
7. Astarta Organic Business Centre – це більше, ніж бізнес-центр. *Astarta Organic Business Centre*: веб-сайт. URL: <https://abc-kyiv.com/>
8. BREEAM – Projects. *BREEAM*: веб-сайт. URL: <https://www.breeam.com/projects/> (дата звернення 06.04.2025).
9. Burca J. The Evolution of Green Building Certifications, *Constructive voices*: веб-сайт. 09.08.2023. URL: <https://constructive-voices.com/beyond-leed-exploring-cutting-edge-green-building-certifications/> (дата звернення 06.04.2025).
10. LEED-certified green buildings are better buildings. *USGBC*: веб-сайт. URL: <https://www.usgbc.org/leed>
11. LEED Project Directory. *USGBC*: веб-сайт. URL: <https://www.usgbc.org/projects> (дата звернення 06.04.2025).
12. Non-profit, participatory association and Europe's largest network for sustainable building: That is the DGNB. *DGNB*: веб-сайт. URL: <https://www.dgnb.de/en> (дата звернення 06.04.2025).
13. Vertical Forest Milan. *Stefano Boeri Architetti*: веб-сайт. URL: <https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/> (дата звернення 06.04.2025).
14. Why BREEAM? *BREEAM*: веб-сайт. URL: <https://breeam.com/about/why-breeam> (дата звернення 06.04.2025).

РОЛЬ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ ПРИ ВІДБУДОВІ УКРАЇНИ

Вікторія Божанова¹, Юлія Бацун²

*^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»,
УДУНТ, ¹vyu7575@gmail.com, ²uliabacun23@gmail.com*

З 24.02.2022 р. повномасштабна війна в Україні призвела до значних руйнувань інфраструктури, промисловості та житлового фонду, що створює серйозні виклики для подальшої відбудови країни. У цих умовах надзвичайно важливо впроваджувати сучасні, сталі та ефективні моделі розвитку. Однією з таких є концепція циркулярної економіки, яка передбачає зменшення відходів, повторне використання ресурсів та екологічно відповідальне виробництво.

Впровадження принципів циркулярної економіки дозволяє не лише оптимізувати витрати та зменшити навантаження на довкілля, а й створити нові робочі місця, підтримати локальний бізнес і прискорити екологічну модернізацію країни. Особливо актуальною ця модель є у процесі відбудови, коли з'являється можливість впроваджувати прогресивні технології, системи переробки будівельного сміття, відновлення енергетичних об'єктів і створення замкнених виробничих циклів.

Метою цієї тези є окреслити роль циркулярної економіки як одного з ключових інструментів стійкої відбудови України та дослідити потенціал її застосування в сучасних умовах.

Циркулярна економіка (ЦЕ) – це економічна система, яка прагне мінімізувати відходи і використовувати ресурси максимально ефективно. Вона протиставляється традиційній лінійній економіці, де продукти виробляються, використовуються, а потім викидаються. Модель циркулярної економіки заснована на замкнутих циклах виробництва, споживання та повторного використання. До основних принципів циркулярної економіки можна віднести (рис. 1) [2].

1. Дизайн для довговічності та відновлення.
2. Збереження та відновлення природного капіталу.
3. Стимулювання системного мислення.
4. Інновації та технології.

Цей підхід відрізняється від традиційної лінійної економіки, яка дотримується моделі «бери-роби-розпоряджуйся». Впровадження практик циклічної економіки передбачає перехід до більш стійкої та ресурсоефективної системи, де продукти розроблені для довговічності, а матеріали переробляються або переробляються для мінімізації відходів і впливу на навколишнє середовище [1].

Важливість принципів циркулярної економіки для досягнення цілей сталого розвитку важко переоцінити. У процесі післявоєнного відновлення Україна має можливість інтегрувати циклічну економіку як дієвий механізм підвищення стійкості, раціонального використання ресурсів і збереження довкілля. Використовуючи підходи циркулярної економіки, країна може скоригувати свої економічні стратегії для забезпечення довготривалої

стійкості та ефективного розв'язання актуальних проблем - зокрема у сферах поводження з відходами та нестачі ресурсів. Такий перехід сприятиме формуванню ресурсоефективної та екологічно відповідальної моделі економічного розвитку України.



Рис. 1. Основні принципи циркулярної економіки Джерело: [2]

Наразі більшість виробничих підприємств в українській економіці використовують або закупають первинну сировину, виготовляють продукцію з необхідної її кількості, а решту – утилізують як відходи. Крім того, кількість хімічно небезпечних речовин, що виробляються в країні, та площа несанкціонованих звалищ з кожним роком збільшується. Тому низький рівень впровадження моделі циркулярної економіки на українських підприємствах є важливою та актуальною проблемою, яка потребує поетапного вирішення [3].

Однією з основних переваг впровадження циркулярної економіки в Україні після війни є стимулювання інноваційних рішень та підтримка підприємництва. Переорієнтація бізнесу на циклічні моделі, що акцентують увагу на ефективному використанні ресурсів і зменшенні обсягів відходів, заохочує підприємства впроваджувати нові підходи у виробництві, бізнес-стратегіях і системах створення доданої вартості. Такі новації не лише сприятимуть зростанню економіки, а й формуватимуть культуру екологічної відповідальності та сталого розвитку серед бізнес-спільноти.

До того ж циркулярна економіка відкриває для підприємців нові ніші для розробки товарів і послуг, які відповідають зростаючому попиту на екологічно безпечні рішення. Перехід до циклічної моделі дозволяє створювати «зелені» робочі місця та розширювати економічні можливості. Завдяки розвитку напрямів з повторного використання, ремонту, переробки ресурсів, а також переходу до відновлюваних джерел енергії, формується попит на кваліфіковану робочу силу в цих сферах. Це не лише допомагає

вирішувати екологічні проблеми, а й сприяє економічній диверсифікації та розвитку висококваліфікованого персоналу, здатного забезпечити конкурентоспроможність України на світових ринках [1].

Ключовим чинником успішного впровадження принципів циркулярної економіки в повоєнній Україні є створення ефективного політичного та законодавчого підґрунтя. Необхідно розробити політики, що підтримуватимуть стале використання ресурсів, регулюватимуть сферу поводження з відходами та стимулюватимуть впровадження екологічних технологій. Інвестиційна політика має бути спрямована на залучення коштів у зелену інфраструктуру та стале виробництво. Такий комплексний підхід дозволить сформувати дієву модель екологізації економіки України, адаптовану до складних післявоєнних умов, і закладе фундамент для сталого економічного розвитку й збереження довкілля.

Одним із головних кроків в екологічному відбудовуванні України є впровадження циркулярної економіки, що веде за собою розвиток сучасної інфраструктури для ефективного збору, сортування та переробки відходів. Після завершення бойових дій країна зіткнеться з масштабною проблемою утилізації значних обсягів сміття, особливо будівельного, яке залишилося після руйнувань житлових будинків, об'єктів соціальної інфраструктури та промислових підприємств. Неконтрольоване накопичення таких відходів загрожує забрудненню ґрунтів, води та повітря, що може призвести до додаткових екологічних та санітарних ризиків для населення.

У зв'язку з цим необхідно створити розгалужену мережу пунктів прийому відходів, сучасних сортувальних станцій та спеціалізованих підприємств із їх переробки. Збір і сортування дозволить відокремлювати придатні для повторного використання матеріали - бетон, метал, дерево, пластик - і повертати їх у виробничий цикл, що суттєво зменшить навантаження на довкілля. Особливо актуальним є налагодження переробки будівельного сміття для подальшого його використання у нових будівельних проєктах, зокрема для відновлення житлових районів, доріг та громадських споруд.

Крім того, розбудова такої інфраструктури створить нові робочі місця, залучить приватні інвестиції у сферу поводження з відходами та стимулюватиме появу екологічно відповідальних бізнесів. Таким чином, розвиток системи збору, сортування та переробки стане одним із ключових чинників формування сталого міського середовища, зниження негативного впливу на екосистему та підвищення ресурсної безпеки України в післявоєнний період.

Отже, циркулярна економіка є важливим стратегічним інструментом для повоєнного відновлення України, що дозволяє не лише розв'язувати нагальні екологічні проблеми, а й формувати сучасну, стійку та конкурентоспроможну економічну модель. Інтеграція принципів циклічності у відбудову інфраструктури, промисловості та енергетики сприятиме зменшенню обсягів відходів, раціональному використанню ресурсів і захисту довкілля.

Впровадження циркулярної економіки стимулюватиме розвиток інновацій, підтримуватиме підприємництво та створюватиме нові робочі місця, зокрема у сферах переробки, ремонту, повторного використання матеріалів і відновлюваних джерел енергії. Розбудова сучасної інфраструктури для збору, сортування та переробки відходів стане однією з основ сталого розвитку міст і громад.

Водночас для ефективного переходу до циркулярної моделі необхідне створення міцного законодавчого підґрунтя, реформування системи державних закупівель, стимулювання виробництва з використанням вторинної сировини, освітні програми для бізнесу та населення, а також активна співпраця з міжнародними партнерами. Реалізація цих заходів дозволить Україні не лише відновити зруйноване, а й побудувати екологічно відповідальну, ресурсоефективну та економічно сильну державу майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Капранова Л. Циркулярна економіка як стратегія розвитку економіки України у післявоєнний період. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Економічні науки*, (1(39)), С. 115–127. URL.: https://journals.uran.ua/ves_pstu/article/view/314694
2. Циркулярна економіка в Україні. *Центр ресурсоефективного та чистого виробництва*: веб-сайт. URL.: <https://www.recpc.org/circular-economy-ua/>
3. Олійник О.В., Легенчук С.Ф., Юрківська О.Д. Циркулярна економіка як основа сталого розвитку підприємства: обліковий аспект. *Економіка, управління та адміністрування*. 2024. № 4 (110). URL.: <https://surl.li/zruadx>

ПРАВОВІ ТА АРХІТЕКТУРНІ АСПЕКТИ БУДІВНИЦТВА ЗАХИСНИХ СПОРУД В УКРАЇНІ

Артемій Бедрін¹, Антоніна Савченко²

¹*Київський національний університет будівництва і архітектури, ,
artkarter105@gmail.com, savchenko.am@knuba.edu.ua*

Ще з 2014 р. в Україні почалися дослідження теми бомбосховищ, проте лише за місяць до початку повномасштабного вторгнення інспекції стали більш дотошними, а питання укриттів вже почало потроху загострюватись. А з початком війни – потреба в бомбосховищах стрімко зросла, і до сих пір є достатньо високою.

Не дивлячись на порівняно значний прогрес у розвитку бомбосховищ, в Україні до сих пір є актуальні проблеми з цього приводу: як правові, так і архітектурні.

Архітектурна проблема постає у невідповідності сучасним будівельним нормам, особливо ДСТУ В.2.2-5:2023, де біда виявляється у проблемах інклюзивності, автономних систем забезпечення, відсутності додаткових виходів та низькій витримці підвищених навантажень [1]. Також частими є

випадки грубого порушення норм – коли неофіційно сховища переобладнаються під приміщення другорядного сорту.

Серед проблем варто відмітити байдуже ставлення високопоставлених осіб, що слідкують за сховищами, що може призвести до суттєвих проблем, наприклад під час тривоги бомбосховище буде зачинене, або взагалі було не в кращому стані. Або є й інша розповсюджена проблема – розкрадання бюджету, що йде на утримання, облаштування та реставрацію сховищ, також є випадки буквального «відмиву грошей» [2-4]. Це не тільки порушує Кримінальний Кодекс України (ст. 191, 364, 366, 367), а також є грубим порушенням Конституції (ст. 27, 50) [10-11].

На сучасному етапі правова проблема потроху покращується. Впроваджено цілий ряд нормативно-правових актів, які покликані регулювати будівництво, використання укриттів [8-13]. Але на випадок зачиненого бомбосховища все ще приймається радикальне вирішення – громадяни самостійно забезпечують собі доступ до закритих сховищ.

Сучасні архітектурні аспекти з проектування сховищ можна умовно розподілити на два типи:

- реставрація вже існуючих сховищ, переобладнання технічних поверхів під сховища. Самі сховища зазвичай знаходяться під громадськими спорудами, або житловими, та можуть також мати другорядну ціль як громадські приміщення;

- побудова нових проектів сховищ, враховуючи іноземний досвід. Наприклад збірні сховища, мобільні сховища, які можуть знаходитись як над, так і під землею. Акцент у проектуванні робиться на швидкому зведенні;

Але серед сучасних архітектурних аспектів можна знайти й недоліки, наприклад проблеми інклюзивності, неврахування принципів зеленого будівництва.

Проте не дивлячись на розвиток сховищ, дана тема все ще потребує пошук різних вирішень, особливо у правовій частині, і в даному випадку теж можна застосувати іноземний досвід, наприклад :

- більш глибоке просвітлення громадян у темі бомбосховищ;
- розробка законів, які мають змушувати людей, що використовують сховище за другорядним призначенням, за певний, короткий проміжок часу, звільнити приміщення укриттів. (Наприклад у Фінляндії, правило 72 годин.) [5];

- також до прикладів можна навести й ізраїльські укріплення-мамади, та законопроект ТАМА-38, ціллю якого була побудова будинків із мамадами, або їх прибудова до існуючої забудови [6];

- проектування укриттів на об'єктах зеленого будівництва.

Досвід України показує, що захисні споруди мають бути необхідною частиною при проектуванні житлових мікрорайонів. Застосування принципів зеленого будівництва до об'єктів цивільного захисту дасть змогу зменшити негативний вплив на навколишнє середовище протягом всього життєвого циклу будівлі.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-5:2023. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту. – К.: Мінрегіон України, 2023
2. Вид. «FRONTLINER» - «Чи готові укриття до нових загроз: бомбосховища в містах України | ОГЛЯД» - [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://frontliner.ua/chy-hotovi-ukryttia-do-novykh-zahroz/> (Дата звернення: 30.04.2025)
3. Вид. «СУДОВО-ЮРИДИЧНА ГАЗЕТА» - «Кабмін схвалив стратегію, яка передбачає 789,3 млрд грн на розбудову укриттів та інших споруд цивільного захисту» - [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sud.ua/uk/news/publication/324845-kabmin-odobril-strategiyu-kotoraya-predusmatrivaet-7893-mlrd-grn-na-razvitie-ukrytiy-i-drugikh-sooruzheniy-grazhdanskoy-zaschity> (Дата звернення : 30.04.2025)
4. Вид. «OBOZ.UA» - «Дорогий щебінь, бетон, і «золоті» кронштейни: на будівництві укриття в Україні завищили ціни на мільйон гривень» - [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.obozrevatel.com/ukr/ekonomika-glavnaya/economy/dorogij-schebin-beton-ta-zoloti-kronshtejni-na-budivnitstvi-ukrittya-v-ukraini-zavischili-tsini-na-miljoni-griven.htm> (Дата звернення : 30.04.2025)
5. Вид. «Настоящее Время. Балтия» - «Як влаштована система громадянської оборони у Фінляндії» – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=N2b5J3CRmzE&t=3s> (Дата звернення : 01.05.2025)
6. Офіційний Сайт «Manos Group – ТАМА-38» -[Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://manosgroup.co.il/fr/tama-38/> (Дата звернення : 02.05.2025)
7. ТВ-канал «1+1» - Інспекція бомбосховищ – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=Rhuc5GM2J5g> (Дата звернення : 30.04.2025)
8. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення стратегії розвитку захисних споруд цивільного захисту на період до 2034 року –URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/183-2025-%D1%80> (Дата звернення : 30.04.2025)
9. Закон №4200-IX - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4200-20#Text> (Дата звернення : 30.04.2025)
10. Конституція України - URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text> (Дата звернення : 30.04.2025)
11. Кримінальний Кодекс України – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text> (Дата звернення : 30.04.2025)
12. Кодекс цивільного захисту України – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> (Дата звернення : 30.04.2025)
13. Наказ №579Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЕЛЕНЬ КОМУНАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА БІОПАЛИВИ

Микола Белюженко¹, Михайло Сенчук²

^{1,2} Київський національний університет будівництва і архітектури,

¹ n.beliuzhenko@gmail.com, ² smp_21@ukr.net

В Україні спостерігається збільшення обсягів виробництва енергії з альтернативних видів палива, зокрема, з біомаси. Загалом, протягом 2022–2023 років в Україні введено понад 650 МВт нових потужностей відновлюваної енергетики, з яких 50 МВт – об'єкти біоенергетики (біомаса та біогаз), а також з урахуванням потенціалу ресурсів до 2050 року є перспективи для нарощення потужностей ТЕЦ та біоенергетичних установок – до 18 ГВт [1,2].

Важливою задачею для розвитку біоенергетики є забезпечення надійності системи у сфері забезпечення споживачів послугами з теплопостачання, забезпечення енергетичної незалежності та безпеки України шляхом збільшення частки використання альтернативних джерел енергії у виробництві теплової енергії до 40% у 2035 році [3].

Ця робота є актуальною для України, оскільки на сьогодні, більшість об'єктів, які експлуатуються на комунальних підприємствах, мають низький ККД та незадовільними екологічні показники.

Усі відомі заходи для підвищення енергетичних та екологічних характеристик котелень, які відомі на сьогоднішній день, можна поділити на дві групи:

1) застосування очищення димових газів та технології глибокої утилізації відхідних газів;

2) розробка технологій з покращення процесу горіння для спалювання органічних палив.

На сьогодні практика утилізації теплоти відхідних газів теплогенеруючих установок широко розповсюджена в прибалтійських, скандинавських та інших європейських країнах. Багато досліджень присвячено вивченню, розробленню та впровадженню у виробництво високоефективних утилізаційних установок та конденсаційних котлів [4, 5]. Дослідження показують, що застосування глибокої утилізації відхідних газів, зокрема конденсаційних економайзерів, дозволяє, крім забезпечення економії теплової енергії, виконувати функцію газоочищувального обладнання, знижуючи викиди парникових газів та твердих частинок в атмосферу. Зокрема, дозволяє ефективно видаляти пилові частинки розміром у кілька мікрон та діоксид сірки.

У системах централізованого теплопостачання для глибокої утилізації теплоти відхідних газів доцільно використовувати зворотний теплоносій теплових мереж, температура якого змінюється відповідно до робочого температурного графіка теплової мережі. Однак, високотемпературні графіки мереж обмежують ефективність таких теплоутилізаційних установок, оскільки температура зворотного теплоносія може бути недостатньо низькою для забезпечення конденсації водяної пари в відхідних газах. Це знижує потенціал рекуперації тепла та ефективність роботи конденсаційних економайзерів, яка суттєво залежить від температури холодної води на вході. Низька температура води на вході забезпечує значно більшу конденсацію відхідних газів і, отже, оптимальне використання цієї технології конденсації. Це може бути досягнуто шляхом модернізації теплових мереж та впровадження низькотемпературних систем опалення. На рис. 1 наведено запропоновану схему підключення конденсаційного економайзера до зворотного трубопроводу теплової мережі існуючої модернізованої системи теплопостачання м. Луцька [4].

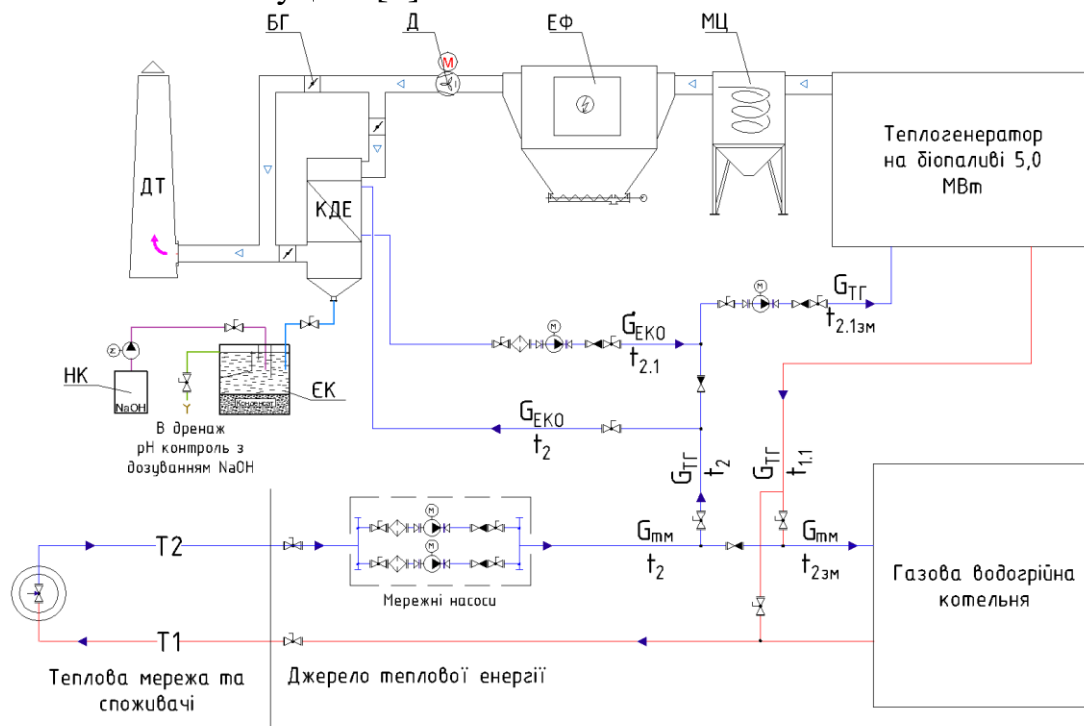


Рис. 1. Принципова схема підключення конденсаційного економайзера в існуючу схему теплопостачання з резервним джерелом теплової енергії на біопаливі: T_1 , T_2 – подавальний та зворотний трубопроводи теплової мереж;

МЦ – мультициклон; ЕФ – електрофільтр; КДЕ – конденсаційний економайзер; Д – димосос; БГ – байпасний газохід; ДТ – димова труба; ЕК – смісник збору конденсату; НК – система нейтралізації конденсату

За перспективного впровадження конденсаційного економайзера з утилізацією теплоти відхідних газів в системі теплопостачання з

комбінованою котельнею можна досягти економії споживання природного газу до 16 % в опалювальний період та біопалива до 25% в неопалювальний період.

Водночас підвищення ефективності використання відновлювальних паливних ресурсів: деревини, біомаси, в т.ч. відходів промислового і сільськогосподарського виробництва та наявних місцевих видів палива в теплогенераторах комунальної енергетики потребує застосування удосконалених новітніх технологій спалювання. Суттєвою проблемою тривалої експлуатації твердопаливних теплогенераторів є забруднення поверхонь нагріву, що призводить до зниження коефіцієнта теплової ефективності ψ – відношення коефіцієнтів теплопередачі забруднених і чистих теплообмінних поверхонь. Таке забруднення не лише знижує теплову ефективність обладнання, а й погіршує екологічні показники, економічність, надійність та маневреність роботи теплогенераторів. Розв'язання цієї проблеми потребує проведення глибоких наукових досліджень.

За результатами досліджень стану теплообмінних поверхонь під час експлуатації теплогенераторів потужністю до 1 МВт, що працюють на подрібненій деревині в котельних комунальних підприємств, авторами встановлено високу інтенсивність забруднення конвективних поверхонь. Особливо інтенсивне забруднення спостерігається при спалюванні місцевих видів палива, зокрема відходів деревини, з підвищеним вмістом золи. Оскільки маса леткої золи в димових газах зростає пропорційно до якості та зольності вихідного палива, то при спалюванні біомаси як місцевого палива, потреба у використанні якого пов'язана з дефіцитом і зростанням вартості якісного палива, інтенсивність забруднення поверхонь нагріву значно збільшується під час тривалої експлуатації.

Тому важливим етапом у покращенні енергетичних і екологічних параметрів теплогенераторів при спалюванні твердого палива є забезпечення стабільності стану теплообмінних поверхонь протягом тривалої експлуатації за змінного теплового навантаження роботи.

Основними напрямками вирішення цієї проблеми є [6, 7]:

- підвищення якості процесу горіння завдяки раціональному застосуванню технологічних схем спалювання, зокрема механізованого, відповідно до характеристик палива та режиму роботи топкового пристрою;
- комбінована організація топкового процесу із забезпеченням інтенсифікації очищення продуктів горіння від твердих частинок з високою повнотою їх вигорання на вході конвективних поверхонь нагрівання;
- механічне очищення теплообмінних поверхонь впродовж експлуатації.

Застосування комбінованої схеми організації процесу спалювання твердого палива, яка передбачає поєднання в конструкції твердопаливного теплогенератора спалювання палива в шарі, в об'ємі топкової камери та у вторинній камері золоосадження або у вихровому потоці циліндричної камери згоряння, що забезпечує ефективність очищення продуктів горіння. Зольні частинки осаджуються ще на вході в зону конвективних теплообмінних поверхонь, що суттєво знижує інтенсивність їх забруднення та, відповідно,

сприяє підвищенню теплової ефективності теплообмінного процесу. За комбінованої схеми топкового процесу розрахункові середні величини приросту коефіцієнта корисної дії теплогенератора за номінального навантаження складають майже 8 % порівняно з однокамерною схемою спалювання та 4 % порівняно зі схемою з камерами згоряння і золоосадження. Така схема забезпечує енергетичні і екологічні показники на рівні європейських вимог [8] та дозволяє ефективно використовувати дешеві місцеві види палива.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text>
2. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/LEDS_ua_last.pdf
3. Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання. Схвалено розпорядженням КМУ від 18.08.2017 № 569-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80#Text>
4. Белюженко М.Б., Сенчук М.П. Резервування системи теплопостачання джерелами теплової енергії на біопаливі // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: наук.-техн. зб. – 2024. – Вип. 48. – С. 6-20.
5. Назарова І.О. Підвищення енергоекологічної ефективності біопаливних котелень // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2020. - Том 31 (70) № 4. – С.149-154.
6. Сенчук М. Підвищення ефективності спалювання твердого палива в шарі. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник. – 2021. – Вип. 39. – С. 29-37.
7. Сенчук М., Рибка А., Юрко О. Зниження впливу забруднення поверхонь нагріву твердопаливних теплогенераторів невеликої потужності. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник. – 2020. – Вип. 33. – С. 15-21.
8. ДСТУ EN 303-5:2023. Котли опалювальні. Частина 5. Котли опалювальні для твердого палива з ручним та автоматичним завантаженням та номінальною тепловою потужністю до 500 кВт. Термінологія, вимоги, випробування та маркування – Чинні від 26.12.2023.

ДИНАМІКА ПОТУЖНОСТІ УСТАНОВОК З ВИДОБУВАННЯ БІОГАЗУ НА ТЕРИТОРІЇ СМІТТЄЗВАЛИЩ УКРАЇНИ

Березюк Олег Володимирович¹, Лемешев Михайло Степанович²

^{1,2}*Вінницький національний технічний університет,
berezukoleg@i.ua, mlemeshev@i.ua*

Значним кроком до економії замкненого циклу, спрямованої на впровадження відновлюваних джерел енергії, скорочення викидів парникових

газів тощо є будівництво біогазових установок [1]. Згідно з даними, представленими у дослідженні [2], у світі функціонує 481 система збору БГ, які загалом видобувають 5,15 млрд. м³ газу щорічно, в тому числі 175 установок припадає на країни ЄС, 264 – знаходяться в Америці (244 – в США), по 4 – в Австралії та Азії, 2 – в країнах Африки. Однак лише приблизно 25-50% зібраного БГ використовується в комерційних цілях, тоді як решта спалюється у факелах. Глобальні викиди БГ в атмосферу відіграють значну роль у зміні клімату Землі. Найбільш ефективними видами сировини для отримання БГ є відходи ферм і сільськогосподарських підприємств, стічні води, а також тверді побутові відходи (ТПВ) зі сміттєзвалищ і полігонів [1]. Основним компонентом БГ є метан (CH₄), викиди якого з територій захоронення ТПВ становлять від 1,5 до 70 млн. тонн на рік [3, 4]. Якщо метан з усіх полігонів ТПВ у США буде утилізовано, його обсяг становитиме 5% від загального споживання природного газу в країні або 1% від загального споживання енергоносіїв [2]. За рівнем негативного впливу на довкілля метан посідає друге місце після вуглекислого газу серед парникових газів, складаючи 18% від їх загального обсягу викидів в атмосферу Землі. При цьому його потенціал глобального потепління приблизно у 21 раз перевищує потенціал вуглекислого газу.

У науковій праці [5] проведено аналіз досвіду ЄС виробництва БГ з відходів АПК. Зазначено, що формування ефективних методів поводження з сільськогосподарськими відходами та їхнього перетворення на енергію біомаси може не тільки пом'якшити поточну глобальну енергетичну кризу, але й покращити умови сільськогосподарського виробництва, ефективно захищати екологію та скорочувати викиди вуглецю. Серед запропонованих заходів: розвиток державно-приватного партнерства у сфері виробництва БГ через систему компенсації вартості обладнання для біогазових установок, виробленого в Україні (60% вартості); встановлення квот на використання біометану на рівні 10% від споживання промисловими підприємствами; компенсація 40% вартості будівництва когенераційних установок, що працюватимуть на БГ; компенсація вартості малих біогазових установок для особистих селянських господарств за рахунок коштів, що йшли на субсидії; звільнення від податкового навантаження підприємств, що вироблятимуть БГ з відходів основного виробництва. У роботах [6-8] наведено склад та фізико-хімічні властивості БГ, що утворюється на територіях захоронення твердих побутових відходів [9-16]. Виробництво БГ на кожному з полігонів ТПВ може досягати від 350 до 2400 м³/год [8], що дозволить значно покращити екологічну ситуацію в Україні, запобігаючи викидам парникових газів в обсязі 16 млн. тонн у СО₂-еквіваленті, а також зменшити викиди токсичних речовин. У матеріалах наукової статті [17] опубліковано склад БГ, отриманого в процесі анаеробного розкладу ТПВ за різних співвідношень композиційних сумішей ТПВ і компосту, а також їх відносної вологості.

Досвід та перспективи видобування БГ у в місцях захоронення ТПВ детально описано в роботах [18-20]. Зокрема, в статті [20] розглянуто досвід

впровадження біогазових установок у Литві, а в статтях [21, 22] вивчені особливості утворення БГ, що дозволяють оптимізувати цей процес. Це, у свою чергу, відкриває широкі можливості для використання БГ у створенні екологічно чистих, відновлюваних джерел енергії. Також біометан може використовуватися як пальне для автомобілів, що працюють на природному газі. Широкий і постійно доступний спектр органічних речовин дозволяє здійснювати безперервне виробництво БГ, що, в свою чергу, сприяє економії викопних енергоносіїв [23]. Нижня теплотворна здатність звалищного БГ складає 16-18 Дж/Нм³ [24], а верхня становить 20-25 МДж/Нм³ [8]. У роботі [25] автори розглядають методи використання біомаси для виробництва теплової енергії, перспективні конструкції газогенераторних установок, а також способи очищення від домішок генераторного газу. У матеріалах роботи [26] описано фази розкладу ТПВ, 80% яких відбуваються в анаеробних умовах, а також визначено фактори, що впливають на процес біодеструкції відходів.

Автори наукової статті [27] наводять огляд технологій видобутку і використання БГ на звалищах та полігонах ТПВ, а також аналізують економічні та екологічні аспекти цих технологій, доповнюючи це статистичними даними щодо потенціалу БГ в різних країнах світу. У роботі [28] наведено математичну модель прогнозування питомого об'єму видобутку БГ у вигляді квадратичної регресії з ефектами взаємодій першого порядку. В статті [29] опублікована математична модель прогнозування питомого потенціалу БГ, на основі якої отримано залежність ефективності видобутку БГ від основних параметрів впливу [30], результати удосконалення якої опубліковано в статті [31].

Таблиця 1

**Потужність установок з видобування біогазу на території
сміттєзвалищ України в різні роки [1]**

Рік	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Потужність установок з видобування біогазу на території сміттєзвалищ України, МВт	7	7	7	7	7	11	18	26	30

У матеріалах роботи [32] проведено дослідження впливу характеристик ТПВ на обсяги, динаміку утворення, склад та потенціал енергетичного використання БГ з полігонів захоронення ТПВ. Авторами наукової статті [33] проаналізовано способи утилізації видобутого БГ, а в роботі [34] наведено математичну модель поширеності даних способів утилізації. В роботі [35] визначено регресійні залежності, що дозволяють описати динаміку збільшення кількості біогазових установок лише на полігонах захоронення ТПВ в таких країнах, як Німеччина та Україна, а у статті [36] визначено регресійну залежність, яка описує динаміку збільшення загальної кількості біогазових установок в Україні.

Табл. 1 містить статистичні дані щодо динаміки щодо збільшення потужності установок з видобування біогазу на території сміттєзвалищ України [1].

Використовуючи дані табл. 1 за допомогою розробленої комп'ютерної програми "RegAnaliz", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір [37], і детально описана в роботі [38] можна отримати парну регресійну залежність, що описує динаміку потужності установок з видобування біогазу на території сміттєзвалищ України.

Визначення закономірності теплотворної здатності звалищного біогазу від факторів впливу вимагає проведення подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сакун Л. М., Різніченко Л. В., Велькін Б. О. Перспективи розвитку ринку біогазу в Україні та за кордоном // Економіка і організація управління, 2020. № 1 (37). С. 160-170.
2. Исидоров В. А. Органическая химия атмосферы. СПб.: Химия, 1992. 288 с.
3. Техніко-економічне обґрунтування "Програми утилізації звалищного метану в Луганській області за допомогою механізмів Кітського протоколу". Луганськ, 2008. 124 с.
4. Минько О. И., Лифшиц А. Б. Экологические и геохимические характеристики свалок твердых бытовых отходов // Экологическая химия, 1992. № 2. С. 37-47.
5. Коломієць Т. В. Аналіз європейського досвіду виробництва біогазу з відходів АПК // Економіка та суспільство, 2024. № 60. 9 с.
6. Краснянский М. Е., Бельгасем Е. Экологические угрозы свалок ТБО // Твердые бытовые отходы. 2005. № 5. С. 12.
7. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В. Энергозбереження в системах біоконверсії. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. 83 с.
8. Пятничко А. И., Жук Г. В., Баннов В. Е. Результаты обследования полигонов ТБО Украины для установления объёмов добычи и состава биогаза// Технические газы. 2010. № 2. С. 63-66.
9. Kazachiner O., Boychuk Y., Halii A. Theoretical foundations of pedagogy and education. International Science Group, 2022. 602 p.
10. Kornlyo I., Gnyp O. Scientific foundations in research in Engineering. Primedia eLaunch, 2022. 709 p.
11. Hladyshev D., Hnat H. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023. 464 p.
12. Azarenkov V. Modern teaching methods in pedagogy and philology. Primedia eLaunch, 2023. 580 p.
13. Kazachiner O., Boychuk Y. Theoretical and scientific foundations of pedagogy and education. International Science Group, 2022. 476 p.
14. Khrebtii H. Innovative ways of improving medicine, psychology and biology. Primedia eLaunch, 2023. 305 p.
15. Alieva M. Conceptual options for the development and improvement of

medical science and psychology. International Science Group, 2023. 117 p.

16. Савицький М. Педагогічні студії з підготовки будівельно-архітектурних фахівців: дидактичний та виховний аспекти. Дніпро: ПДАБА, 2022. 483 p.

17. Джамалова Г. А. Интенсификация анаэробного разложения модельных образцов твердых бытовых отходов в биореакторах // Известия СПбГТИ(ТУ). 2014. № 23. С. 84-86.

18. Гелету́ха Г. Г., Кучерук П. П., Матвеев Ю. Б. Перспективы производства и использования биометана в Украине // Аналитическая записка БАУ. Биоэнергетическая ассоциация Украины: 2014. № 11. 43 с.

19. Маслеева О. В., Пачурин Г. В. Экологическая и экономическая целесообразность использования биотоплива // Фундаментальные исследования. 2012. № 6. С. 139-144.

20. Савицкас Ю. Ю. Опыт эксплуатации биогазовых установок при анаэробной обработке органических отходов // Промышленная теплотехника. 2001. Т. 23. № 4-5. С. 128-131.

21. Беспалов В. И., Адамян Р. Г. Анализ условий образования биогаза на полигоне по захоронению твердых отходов потребления // Инженерный вестник Дона. 2013. № 25.2 (25).

22. Шеина О. А, Сысоев В. А. Биохимия процесса производства биогаза как альтернативного источника энергии // Вестник ТГУ. 2009. Т. 14, Вып. 1. С. 73-76.

23. Шульц Р. Виробництво і використання біогазу в Україні. К.: Бізнес-центр «Євразія», 2012. 40 с.

24. Шмарін С. Л. Прогнозування викидів парникових газів з місць захоронення твердих побутових відходів в Україні: дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Київ, 2018. 189 с.

25. Ткаченко С. Й., Боднар Л. А., Юзюк А. О. Перспективні напрямки використання біомаси як джерела енергії // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2011. № 2. С. 68-73.

26. Годовська Т. Б., Феценко В. П. Критерії індикаторів впливу на агроєкосистеми полігону твердих побутових відходів м. Житомир // Вісник ЖНАЕУ: науково-теоретичний збірник. 2011. № 1 (28), Т. 1. С. 400-407.

27. Гелету́ха Г. Г., Марценюк З. А. Обзор технологий добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине// Экотехнологии и ресурсосбережение, 1999. № 4. С. 6-14.

28. Березюк О. В. Виявлення параметрів впливу на питомий об'єм видобування звалищного газу// Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2012. № 3. С. 20-23.

29. Березюк О. В. Розробка математичної моделі прогнозування питомого потенціалу звалищного газу// Вісник Вінницького політехнічного

інституту. 2013. № 2. С. 39-42.

30. Березюк О. В. Моделювання ефективності видобування звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2013. № 6. С. 21-24.

31. Березюк О. В., Лемешев М. С. Удосконалення математичної моделі ефективності видобування звалищного газу // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 2023. Вип. 44. С. 10-16.

32. Пухнюк О. Ю. Утворення біогазу на полігонах твердих побутових відходів України та оцінка потенціалу його енергетичного використання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к. т. н. : 05.14.08. Київ, 2013. 26 с.

33. Куріс Ю. В., Ткаченко С. Й., Семененко Н. В. Способи утилізації біогазу // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, 2010. № 7. С. 20-30.

34. Березюк О. В. Моделювання поширеності способів утилізації звалищного газу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами // Вісник ВПІ, 2014. № 5. С. 65-68.

35. Березюк О. В., Краєвський В. О., Березюк Л. Л. Світові тенденції зменшення кількості сміттєзвалищ на прикладі США // Наукові праці Вінницького національного технічного університету, 2020. № 1. 6 с.

36. Березюк О. В., Лемешев М. С. Регресійна залежність динаміки зростання кількості біогазових установок в Україні // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – 2024. – Вип. 49. – С. 16-25.

37. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz") // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 49486. К.: ДСІВ України. Дата реєстрації: 03.06.2013.

38. Березюк О. В. Встановлення регресій параметрів захоронення відходів та потреби в ущільнювальних машинах на основі комп'ютерної програми "RegAnaliz" // Вісник ВПІ. 2014. № 1. С. 40-45.

ОКРЕМІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Цапко Юрій Володимирович¹, Бондаренко Ольга Петрівна¹, Цапко Олексій
Юрійович¹, Каверин Костянтин Олександрович¹, Ющенко Аліна
Віталіївна¹**

¹Київський національний університет будівництва і архітектури,
*juriyts@ukr.net, bondolya3@gmail.com, alekseytsapko@gmail.com,
1krik.1k1@gmail.com, alinka29yushchenko@gmail.com*

Впровадження у будівництві важкогорючих та важкозаймистих матеріалів є одним із основних напрямків запобігання пожежі, тому виконання заходів, направлених на зниження використання таких матеріалів, дозволяє зменшити ризик виникнення пожежі. Зниження горючості деревини вирішується завдяки використанню вогнезахисних покриттів, що наносяться на поверхні конструкцій та матеріалів, з яких вона виготовляється. Проте

широке застосування для оброблення приміщень знаходять тканини (штори, гардини, занавіски), але в зв'язку з їх підвищеною горючістю такі матеріали відносяться до пожежонебезпечних [1].

Необхідно зазначити, що швидкість тепловиділення при горінні матеріалів впливає на показники пожежної небезпеки. Поширення полум'я при горінні природних і синтетичних матеріалів є чинником, що визначає інтенсивність і динаміку розвитку пожежі й залежить від ефективності вогнезахисту та масової швидкості вигорання зразків в процесі полуменевого горіння. Для визначення характеристик тепловиділення матеріалів при їхньому горінні використовується рівняння, що пов'язує швидкість тепловиділення при горінні матеріалу з масовою швидкістю вигорання і нижчою теплотою згорання [2]:

$$Q = \eta \cdot \nu \cdot Q_n, \quad (1)$$

де η – повнота згорання летких продуктів розкладу речовини у полум'ї;

ν – масова швидкість вигорання матеріалу, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

Q_n – нижча теплота згорання матеріалу, $\text{кДж}/\text{кг}$.

У результаті оброблення засобами вогнезахисту усувається можливість загорання целюлозних матеріалів від малокалорійних джерел загорання та знижується димоутворювальна здатність, тепловиділення, зменшується токсичність.

За стандартними способами проводяться випробування для оцінювання характеристик горіння текстильних матеріалів, із яких виготовляють штори, занавіски, декорації, навіси, намети та інші вироби, що експлуатуються у вертикальному положенні [3], а також визначення групи горючості деревини [4]. Недоліком даних способів є те, що вони не дозволяють визначити ефективність вогнезахисту матеріалів і їх застосовують для оцінювання характеристик горіння матеріалів під дією полум'я в лабораторних умовах, які контролюються, і не можуть бути застосовані для визначення або регламентації пожежної небезпеки матеріалів в умовах реальної пожежі. Одним із шляхів визначення вогнезахисної ефективності може бути розрахунок масової швидкості вигорання зразка після випробування на займистість та визначенні групи займистості зразка, втрати маси зразка, площі його пошкодження, за формулою:

$$\nu = \frac{\Delta m}{\tau \cdot S}, \quad (2)$$

де Δm – втрата маси зразка після випробувань;

τ – час випробування;

S – площа пошкодження зразка.

Проведено дослідження характеристик горіння тканини [3], які наведено у табл. 1, та встановлено, що за короткий проміжок часу відбувалось повне згорання необроблених зразків тканини. Проте для зразків тканин, оброблених

вогнезахисним покриттям, встановлено відсутність залишкового полуменевого горіння, прогорання матеріалу та поширення поверхневого спалаху. Розрахована масова швидкість вигорання зразків після проведених випробувань для вогнезахисних зразків зменшилась у двічі.

Таблиця 1

Масова швидкість вигорання зразків після проведених випробувань

Матеріал зразка	Втрата маси, Δm , г	Час випробування, τ , с	Площа пошкодження зразка, S , м ²	Масова швидкість вигорання зразка, v , кг/(м ² ·с)
Бавовняна тканина:				
– необроблена	3,55	41,6	0,000659	0,129
– вогнезахиснена	0,13	15	0,000135	0,064
Деревина				
– необроблена	79,8	300	0,030	0,174
– вогнезахиснена	125,1	300	0,023	0,048

Для визначення групи горючості деревини, вогнезахисної покриттям, проведено експериментальні дослідження згідно з [4], які показали зменшення в три рази втрати маси зразків, порівняно з необробленими, та розрахована масова швидкість вигорання зразків деревини, яка складає: 0,048 – для оброблених зразків та 0,174 – для необроблених. Встановлено, що швидкість вигорання зразків деревини, оброблених вогнезахисними засобами (порівняно з необробленими), зменшується в 3,6 рази.

Проведено визначення вищої та нижчої теплоти згорання для бавовняної тканини та поверхневого шару вогнезахисної деревини сосни, а також необроблених зразків (табл. 2) відповідно з [5].

Таблиця 2

Вища та нижча теплота згорання бавовняної тканини та деревини

Матеріал	Теплота згорання, кДж/кг		Швидкість тепловиділення, кДж/(м ² ·с)
	вища	нижча	
вогнезахиснена деревина сосни	16751	15360	759,2
деревина сосни	18635	17000	2514,3
вогнезахиснена бавовняна тканина	15302	13956	626,7
бавовняна тканина	16240	14893	1633,0

За рівнянням (1) розраховано швидкість тепловиділення при горінні матеріалів за умови $\eta = 0,85$. Встановлено, що при горінні оброблених зразків бавовняної тканини та деревини вона зменшується в 2,3...4,5 разів (порівняно з необробленими).

Таким чином, розрахунок швидкості тепловиділення при горінні целюлозовмісних матеріалів є одним із шляхів оцінювання ефективності їх вогнезахисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Krüger S., Gluth J.G., Watolla M.B., Morys M., Häßler D., Schartel B. Neue Wege: Reaktive Brandschutzbeschichtungen für Extrembedingungen. Berlin: Bautechnik. 2016. Vol. 93/8. P. 531-542.
2. Tsapko Yu., Bondarenko O., Tsapko A. Effect of a flame-retardant coating on the burning parameters of wood samples. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 2. No 2/10 (98). P. 49-54. doi: 10.15587/1729-4061.2019.163591.
3. ДСТУ 4155:2003. Матеріали текстильні. Метод випробування на займистість. Київ, Держспоживстандарт України, 2003. 7 с.
4. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.
5. ДСТУ Б EN ISO 1716:2011. Випробування виробів щодо реакції на вогонь. Визначення вищої (нижчої) теплоти згорання. Київ, Мінрегіонбуд, 2012. 37 с.

АКТУАЛЬНІСТЬ ІДЕЙ В. І. ВЕРНАДСЬКОГО ДЛЯ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ НАУКИ

*Бондарець Вероніка Юріївна, Кордуба Ірина Богданівна,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
bondarets_vy-2023@knuba.edu.ua, korduba.ib@knuba.edu.ua*

Володимир Іван Вернадський — батько української науки, одна з центральних постатей в історії світової науки. Він не просто зробив значний внесок у розвиток багатьох наукових напрямків, а й заклав основи для нових. Серед його численних досягнень особливе місце посідають його революційні погляди на біосферу та її еволюцію, які стали фундаментом для сучасної екологічної науки.

Метою роботи є аналіз актуальності основних ідей В. І. Вернадського для розуміння сучасних екологічних викликів та перспектив сталого розвитку.

У дослідженні було використано праці В. І. Вернадського, сучасні наукові статті, матеріали ЮНЕСКО та ООН, а також аналітичні та навчальні джерела. Основу джерельної бази склали тексти «Біосфера» та «Наукова думка як планетне явище». Комплексно підійти до аналізу спадщини Вернадського в контексті сучасної науки дозволив системний підхід використання історико-наукового, порівняльно-аналітичного методу та аналіз наукових джерел.

Наукова спадщина В. І. Вернадського є фундаментальною для розуміння сучасних екологічних проблем. Його ключові концепції залишаються надзвичайно актуальними:

Вернадський один із перших, хто обґрунтував поняття біосфери, як цілісної оболонки Землі. За його твердженням «Біосфера являє собою оболонку життя — область існування живої речовини» [1]. За Вернадським, жива речовина, тобто сукупність усіх живих організмів, є найпотужнішою геологічною силою, що визначає процеси міграції хімічних елементів та енергії. Його ідеї про біогеохімічні цикли стали базою сучасної екології та аналізу глобальних змін довкілля, таких, як: зміна клімату, зменшення біорізноманіття, забруднення океану, атмосфери і т. п.

Іншою визначною ідеєю стала концепція ноосфери — сфери розуму. «Ноосфера є остання з багатьох станів еволюції біосфери в геологічній історії — стан, в якому вперше стає визначальною геологічною силою не стихійний процес, а розум і спрямована ним людська праця» [2]. Ця концепція підкреслює зростаючу планетарну роль людського інтелекту та його здатності свідомо впливати на біосферні процеси. У контексті сучасної екологічної науки, ідея ноосфери набуває особливої актуальності.

В.І. Вернадський стверджував про тісний взаємозв'язок живого і неживого в біосфері, де живі організми є не пасивними елементами, а потужною геологічною силою, що активно перетворює планету. Його слова; «Живі організми є не випадковим накладанням на механічно і хімічно інертну речовину планети, а є могутньою геологічною силою, що творить і перетворює її» [1]. Ця безперервна взаємодія через обмін речовинами та енергією є визначальною для функціонування біосфери як цілісної системи.

Сучасна екологічна наука активно використовує та розвиває ідеї В. І. Вернадського для аналізу актуальних проблем.

На межі XX та XXI століть екологічна наука зіткнулась із новими проблемами: глобальне потепління, втрата біорізноманіття, деградація екосистем. Ці та інші глобальні кризи екосистем є прямим наслідком неконтрольованої антропогенної діяльності, про потенційні наслідки якої попереджав В. І. Вернадський [3].

Усвідомлення планетарного масштабу цих проблем та необхідність їхнього вирішення зумовили появу таких ініціатив, як Цілі сталого розвитку Організації Об'єднаних Націй, які в своїй основі відображають багато ідей В. І. Вернадського про необхідність гармонійного співіснування людини і біосфери та відповідального управління природними ресурсами.

Цілі сталого розвитку ООН, зокрема «Порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року» [4], відображають розуміння глобальної взаємозалежності екологічних, соціальних та економічних процесів, що корелює з ідеями Вернадського про цілісність біосфери та необхідність її свідомого управління.

Системи глобального моніторингу клімату, стану океанів, лісів та біорізноманіття [5] базуються на розумінні планетарних масштабів екологічних процесів, що відповідає системному підходу В. І. Вернадського до вивчення біосфери.

Отже, ідеї Вернадського про необхідність планетарного мислення та відповідального ставлення людства до біосфери є філософським підґрунтям концепції сталого розвитку.

Ідеї Вернадського відіграють важливу роль у формуванні сучасного уявлення про взаємодію людини з біосферою. Концепція ноосфери акцентує увагу на особливому значенні людської діяльності у розвитку планети, проте також підкреслює необхідність морального та соціального вдосконалення суспільства. Перехід до ноосфери розглядається як складний і багатовимірний процес, що передбачає не лише науково-технічний поступ, а й глибокі зміни в ціннісних орієнтирах людства.

Підсумовуючи розгляд ідей В. Вернадського, можна констатувати, що методологічні аспекти його вчення про ноосферу є необхідним компонентом сучасного світогляду і підґрунтям осмислення і розв'язання кризових ситуацій, спричинених швидким технічним розвитком людства. Великі сподівання пов'язують із розвитком синергетики й екології, де досліджують складні динамічні системи, властиві для процесів, що відбуваються в неорганічному світі, живій речовині й у людському суспільстві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вернадський В. І. Біосфера. — К.: Наукова думка, 2015. — 267 с.
2. Вернадський В. І. (1944). Декілька слів про ноосферу. Успіхи сучасної біології. — 1944. — Т. 18, вып. 2. — С. 113 — 120. URL: <https://web.archive.org/web/20180219211002/http://vernadsky.name/wp-content/uploads/2013/01/neskolko-slov-o-noosfere.pdf>
3. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології: теорія та практикум. Навч. посіб. — Київ: Лібра, 2004. — 368 с.
4. Трансформація нашого світу: Порядок денний сталого розвитку на період до 2030 року: резолюція / прийнята Генеральною Асамблеєю. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/3923923>
5. Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). URL: <https://earthobservations.org/geoss.php>

ЕФЕКТИВНЕ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ АГРАРНИХ ЗЕМЕЛЬ: РЕАЛІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*Петро Боровик¹, Юрій Кисельов¹, Роман Рудий¹, Олег Іванчук¹,
Ірина Удовенко¹, Михайло Шемякін¹, Наталя Прокопенко¹*

¹Уманський національний університет, borovikpm@gmail.com

Раціональне використання сільськогосподарських земель відіграє вирішальну роль у забезпеченні продовольчої безпеки, збереженні екосистем і розвитку аграрного сектору економіки. Водночас, в умовах кліматичних змін, інтенсивного землекористування та зростання антропогенного навантаження на аграрні земельні ресурси актуалізується потреба у вдосконаленні підходів до їх використання.

Насамперед, це стосується України, яка, маючи значний потенціал у вигляді родючих ґрунтів, зокрема чорноземів, стикається з низкою проблем, пов'язаних з деградацією ґрунтового покриву, недосконалістю системи меліорації земель та недостатнім рівнем екологізації сільськогосподарського виробництва. Як відомо, сільськогосподарські угіддя займають понад 70 % території України, а орні землі становлять приблизно 82 % від площі українських агроугідь. Такий рівень розораності є одним із найвищих у світі, що свідчить про надмірність аграрного навантаження на земельні активи та ґрунтові ресурси [1].

Крім того, недотримання науково обґрунтованих сівозмін, зловживання мінеральними добривами та обмежене застосування органіки спричиняють постійні втрати родючості українськими грантами. Зокрема, дані профільної науково-дослідної установи демонструють, що вміст гумусу в українських ґрунтах щорічно зменшується, та, крім того, понад 13 млн га агроземель вже зазнали ерозії різного ступеня [2].

Крім того, сучасний стан вітчизняних зрошувальних систем залишається критичним, адже понад 70 % іригаційної інфраструктури потребує капітального ремонту [3]. Поряд з цим, в південних регіонах, де дефіцит опадів є не лише стабільним явищем, але й суттєво зріс після знищення москowitzами Каховської ГЕС та Каховського водосховища, ефективне землеробство без штучного зрошення майже неможливе.

Як відомо, результативність сільськогосподарського виробництва безпосередньо залежить від використання інноваційних агротехнологій, якісних характеристик ґрунтів, правового регулювання агровиробництва.

Так, застосування технологій точного землеробства, супутникового моніторингу і дистанційного зондування земель та посівів дозволяє оптимізувати використання земельних ресурсів [4].

Деградаційні процеси з сільськогосподарськими угіддями змусили аграріїв вживати заходи із відновлення ґрунтового середовища, зокрема, через біологізацію виробництва, лісосмугову і водну меліорацію та запобігання водній та вітровій ерозії [5].

Крім того, становлення та розвиток ринку землі загострили ризики монополізації та втрати контролю за цільовим призначенням агроугідь, а відтак – загострили проблематику нормативно-правового регулювання використання та обігу сільгоспугідь в умовах ринку [6].

Зважаючи на викладене, оптимізація використання аграрних земельних ресурсів має ґрунтуватися на інтегрованому підході, який повинен враховувати як економічні, так і природоохоронні пріоритети. Зокрема, слід використовувати технології мінімального обробітку, використання покривних культур і біологічних засобів захисту, які сприяють збереженню родючості та підвищенню біологічної активності ґрунтів [7].

З метою оптимізації системи управління земельними ресурсами забезпечення відкритості інформації про земельні ресурси, запобігання порушенням і сприяння покращенню просторовому плануванню, актуальною

є цифровізація земельного обліку та розбудова всеукраїнської системи геопросторових даних [8].

Крім того, актуальною є державна підтримка органічного виробництва, оскільки, попри наявність сприятливих умов, частка органічного землеробства в Україні досі залишається незначною. Підтримка ж органічного виробництва через пільгове оподаткування і кредитування, дотації, безкоштовну сертифікацію позитивно вплине на ситуацію [9].

Всім відомо, що знищення московитами Каховського водосховища було катастрофою для значної частини України та фактором негативного впливу як на екологічний стан значних територій, так і дестабілізації сільськогосподарського виробництва [10]. Саме тому, урядові програми відновлення зрошення, зокрема в Херсонській, Миколаївській та Одеській областях, можуть суттєво вплинути на стабільність врожаїв і зниження кліматичних ризиків [11]. Крім того, важливим фактором оптимізації використання вітчизняних аграрних земельних ресурсів є наукова та освітня підтримка процесів, описаних авторами в цій публікації. Підвищення рівня освітніх послуг, розширення і осучаснення системи аграрної освіти, розвиток дорадчих служб і інвестування в прикладні дослідження допоможуть аграріям адаптуватися до сучасних викликів.

Підсумовуючи викладене, зауважимо, що в результаті проведеного дослідження було встановлено, що сучасна система використання аграрних земель в Україні характеризується рядом системних проблем, які істотно знижують її ефективність і ставлять під загрозу довгострокову екологічну та економічну стабільність аграрного сектора.

Зокрема, основними недоліками, виявленими в процесі дослідження, є: надмірна розораність сільськогосподарських угідь; прогресуюча деградація ґрунтів; недотримання сівозмін та агротехнічних технологій; застарілість та руйнація меліоративної інфраструктури; недостатній рівень екологізації аграрного виробництва; недостатній рівень цифровізації даних; наявність ризиків монополізації ринку земель.

З метою підвищення ефективності використання аграрних земель доцільно: впровадження інтегрованих моделей сталого землеробства; масштабне оновлення і розбудова нових меліоративних систем; державна підтримка розвитку органічного сільськогосподарського виробництва; активне впровадження цифрових інструментів управління земельними ресурсами; подальше нормативно-правове регулювання ринку землі з урахуванням соціальних та екологічних чинників, а також розширення і осучаснення системи аграрної освіти та дорадництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба статистики України. Земельні ресурси України. URL: <https://ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 05.04.2025).
2. Аналітична довідка про стан ґрунтів України. Київ: Інститут охорони ґрунтів України, 2022. 34 с.
3. Звіт про стан водогосподарського комплексу України за 2021 рік.

- Київ: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2022. 52с.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Digital agriculture and rural development: status and trends. Rome : FAO, 2021. 108 p.
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Status of the World's Soil Resources: Main report. Rome : FAO, 2022. 599 p.
6. Про обіг земель сільськогосподарського призначення: Закон України від 31.03.2020 № 552-IX. Відомості Верховної Ради України. 2020. № 20. С. 351.
7. IFOAM – Organics International. Organic farming, soil health and sustainable land use. Bonn: IFOAM, 2020. 40 p.
8. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Національна інфраструктура геопросторових даних. URL: <https://land.gov.ua> (дата звернення: 05.04.2025).
9. OrganicInfo.ua. Портал органічного ринку України. URL: <https://organicinfo.ua>. (дата звернення: 05.04.2025).
10. Honcharuk, Vitalii, Pidlisnyi, Yevhen, Dekarchuk, Marina, Podzerei, Roman, Zadorozhna, Olena, Datsenko, Anna, Borovyk, Petro, Blahopoluchna, Anastasiia, Parakhnenko, Vladyslav, Liakhovska, Nelia Environmental and economic damage to agriculture as a result of the explosion of the Kahovska hydroelectrical station. Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development. 2024. № 46. Part 2. pp. 229-239.
11. Кабінет Міністрів України. Програма розвитку меліорації земель сільськогосподарського призначення до 2030 року. URL: <https://www.kmu.gov.ua>. (дата звернення: 05.04.2025).

**ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПРИ
РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ПОСТІНДУСТРІАЛЬНИХ ПРОСТОРІВ. МОДЕЛІ
ФУНКЦІОНАЛЬНО-ГНУЧКОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ
АДМІНІСТРАТИВНИХ СПОРУД У ХОСТЕЛИ ТА ГУРТОЖИТКИ:
ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

Гишко Анна, Брідня Лариса

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
artannagyzhko@gmail.com, bridnia.liu@knuba.edu.ua*

У контексті післявоєнного відновлення України актуалізується потреба у трансформації застарілих адміністративних та промислових будівель у функціональні заклади тимчасового проживання, такі як хостели та гуртожитки. Цей процес є важливою складовою сталого розвитку у містобудуванні, спрямованого на ефективне використання наявних ресурсів та адаптацію міського середовища до сучасних потреб населення.

Реконструкція та ревіталізація застарілих адміністративних і промислових споруд під житлові об'єкти, зокрема хостели та гуртожитки, є одним з найактуальніших напрямів сталого містобудування у сучасної

Україні. Така трансформація відповідає одразу кільком ключовим викликам: знижує дефіцит житла, що виник внаслідок внутрішнього переміщення осіб, забезпечує післявоєнну відбудову міст, відновлення занедбаних міських територій та формування нового, адаптивного простору для проживання і тимчасового перебування людей [15].

Особливої ваги ця тема набуває у світлі сучасних реалій — українські міста мають бути спроможними не лише задовольняти базові потреби місцевого населення, а й активно готуватись до прийому гостей з-за кордону, трудових мігрантів, туристів і представників міжнародних організацій. Розвиток хостельної інфраструктури на базі існуючих споруд дозволяє створити гнучке, доступне та функціонально-адаптоване житло з мінімальним екологічним слідом [10].

Крім утилітарної функції, реконструкція споруд із минулого має і значну культурно-пізнавальну цінність. Об'єкти з історією — це матеріальні свідки архітектурного, інженерного й соціального минулого міста. Їх адаптація до нових потреб дозволяє зберегти унікальність міського середовища, водночас створюючи нові можливості для культурного діалогу між мешканцями та гостями. Це може стати основою для формування локальної ідентичності, якої часто не вистачає новим житловим мікрорайонам, зведеним з нуля [13].

З технічного погляду, повторне використання існуючих будівель має низку переваг. Воно виключає необхідність масштабного нового будівництва, зменшуючи тиск на природні ресурси та екосистеми. Істотним плюсом є вже наявні інженерні мережі (електро-, водо- та теплопостачання), які не потребують заново оформленої дозвільної документації, а натомість можуть бути частково модернізовані чи оптимізовані. Паралельно із засвоєнням таких територій можна проводити повноцінний аналіз технічного стану інфраструктури, виявляючи критичні вузли та вживати заходів для її оновлення - відповідно до сучасних стандартів сталого розвитку [9;12].

Функціонально-гнучке моделювання таких територій дозволяє інтегрувати у житлові комплекси не лише кімнати для проживання, а й простори загального користування, зони відпочинку, навчання, коворкінги, пральні, велопарковки та інші елементи соціальної інфраструктури. Це не лише підвищує комфорт і якість життя мешканців, а й сприяє гармонійному розвитку суміжних територій, забезпечуючи інтеграцію реконструйованого простору у ширший міський контекст [14].

Таким чином, розгляд і впровадження моделей гнучкої реконструкції адміністративних будівель у хостели та гуртожитки є не лише практичним кроком до вирішення житлових потреб, а й стратегічною складовою формування сталої, інтегрованої, соціально орієнтованої урбаністичної політики України в умовах відбудови та розвитку [11].

Переоблаштування адміністративних та промислових об'єктів у житлову інфраструктуру — один з провідних напрямів сталого урбаністичного розвитку, особливо актуальний в умовах післявоєнної відбудови України. Концепція "адаптивного повторного використання" (adaptive reuse) вже не

одне десятиліття використовується у країнах ЄС, США, Японії, Канаді як екологічно й економічно доцільна альтернатива новому будівництву [1].

У випадку пострадянських міст, як: Харків, Київ, Дніпро чи Львів, де накопичилася значна кількість адміністративних будівель радянського періоду, зокрема застарілих будівель рад та комбінатів, відкриваються широкі можливості для їхньої гнучкої реконструкції. Ключова ідея полягає не лише у фізичній адаптації об'єкта до нової функції, а й у його переосмисленні в міському контексті. Таким чином, будівля стає частиною нової екосистеми – енергоефективної, змістовно наповненої, соціально корисної [2].

Одним із найефективніших підходів є створення моделей функціонально-гнучкої реконструкції, які передбачають можливість трансформації приміщень відповідно до змін потреб: наприклад, поверхові плани можуть передбачати зміни у плануванні кімнат гуртожиткового типу, хостелів, коворкінгів чи малих офісів. У таких проєктах важливим є застосування модульних систем інженерних мереж, зонування простору, мінімізація капітальних перегородок і максимально можлива мобільність інтер'єрних рішень [3].

Важливою перевагою реконструкції над новим будівництвом є мінімальний вплив на природне середовище. Використання існуючих несучих конструкцій, фундаментів та мереж скорочує викиди CO₂, зменшує споживання нових матеріалів, а також знижує витрати на проектування та дозвільні процедури [4]. Одночасно, проєкт може бути впроваджений в коротші строки, що особливо актуально в умовах необхідності забезпечення житлом ВПО, студентів, волонтерів чи працівників міжнародних організацій [15; 16].

Прикладом успішної реалізації подібної практики в Україні є ревіталізація об'єкта “Мануфактура” в Житомирі, де колишні промислові приміщення були перетворені в простір для проживання, коворкінгу, закладів освіти та культури. У Львові активно обговорюється проєкт трансформації адміністративних корпусів в районі Підзамче у сучасний гуртожитково-житловий квартал з елементами соціальної інфраструктури [5].

Функціонально-гнучке планування дозволяє створювати соціально адаптоване середовище, яке відповідає не лише вимогам енергоефективності (використання теплоізоляційних матеріалів, систем рекуперації повітря, сучасного освітлення), але й сучасним уявленням про гідні умови проживання. Наприклад, у межах реконструйованого простору можуть бути передбачені: кухні спільного користування, навчальні кімнати, простори для реабілітації, ігрові зони, медіатеки, кафе тощо. Це створює ефект «м'якої інтеграції» мешканців у спільноту, сприяючи згуртованості та соціальному добробуту [6].

Також слід відзначити важливість культурного аспекту адаптивного повторного використання: кожна така будівля зберігає свою історичну цінність і може бути носієм міської ідентичності. Це особливо важливо у повоєнний період, коли зростає потреба у збереженні національної та локальної культурної спадщини [7].

Паралельно з реконструкцією відбувається ревіталізація прилеглих територій, які часто перебувають у занедбаному стані. Завдяки оновленню міської тканини створюється потенціал для розвитку інфраструктури: вело- та пішохідних маршрутів, громадських просторів, озеленення, благоустрою та підвищення безпеки. Це відповідає сучасним вимогам зеленого містобудування і концепції "15-хвилинного міста", де основні послуги доступні у межах пішої досяжності [8].

Таким чином, адаптація адміністративних і промислових будівель під hosteli й гуртожитки є стратегічно виправданим, екологічно сталим і соціально корисним рішенням для українських міст. Вона поєднує екологічну відповідальність, збереження культурної спадщини, розвиток соціальної інфраструктури та гнучку реакцію на сучасні урбаністичні виклики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rabun J., Kelso R. *Building Evaluation for Adaptive Reuse and Preservation*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2009.

2. Ключко, Є.О. Адаптивне повторне використання промислових об'єктів: тенденції, виклики та приклади реалізації. *Архітектурний вісник Київського національного університету будівництва і архітектури*, 2021, №3, с. 37–42.

3. Елькін, В.С., Павленко, О.М. Принципи гнучкого просторового моделювання у проектуванні соціального житла. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*, 2022, №65, с. 54–61.

4. Galvin, R. *Energy, Cities and Sustainability: An Introduction*. Routledge, 2015.

5. Грицай, Н.Л. Ревіталізація закинутих промислових зон як інструмент розвитку міського середовища. *Містобудування та територіальне планування*, 2020, №75, с. 29–35.

6. Бойко, І.В. Соціальні аспекти формування простору для тимчасового проживання. *Вісник НУ «Львівська політехніка»*. *Архітектура*, 2021, №891, с. 112–119.

7. Савчук, Л.С. Збереження історико-архітектурної спадщини в сучасному містобудівному процесі. *Архітектура та дизайн*, 2020, №1(17), с. 88–94.

8. Moreno, C. *The 15-minute city: for a new chrono-urbanism*. *Smart Cities*, 2021, 4(1), 93–100.

9. Белікова, М., Сторожук, С., Глазирин, В., & Корой, Ю. (2021). Реновація промислових територій. *Містобудування та територіальне планування*, (78), 54–64. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.78.54-64>

10. Суптело, О. (2020). Постіндустріальні трансформації старопромислових районів міста Харкова. *Економічна та соціальна географія*, (83), 53–62. <https://doi.org/10.17721/2413-7154/2020.83.53-62>

11. Захарова, С., Фостащенко, О., Архіпова, К., Гондар, С., & Фостащенко, Д. (2023). Передумови реновації постпромислових територій на прикладі Запорізького алюмінієвого комбінату. *Містобудування та*

територіальне планування, (83), 110–122. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.83.110-122>

12. Білошицька, Н., Татарченко, Г., Білошицький, М., & Матляк, Д. (2023). Ревіталізація промислових об'єктів: історія, основні принципи та прийоми. *Просторовий розвиток*, (4), 76–94. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.4.76-94>

13. Кінайлюк, М. (2024). Закордонний досвід проєктування енергоефективних будівель хостелів. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*, (68), 268–279. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.268-279>

14. Запорожець З. Архітектура швидкокомтованих хостелів // Політ. Сучасні проблеми науки: тези доповідей XXII Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених. - Національний авіаційний університет. - Київ, 2022. - С. 20-21.

15. Брідня Л.Ю. Містобудівні аспекти реконструкції готелів, побудованих за типовими проектами у 60-80-х рр. XX ст. *Містобудування та територіальне планування*. 2013;49:82-89.

16. Рижова І., Павленко Т., Єншуєва Т. Проблеми та перспективи гармонізації простору індустриальних міст. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2023;67:157-168. doi:10.32347/2077-3455.2023.67.157-168.

ПРИНЦИПИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ

Бугайова Софія¹

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

Термін «зелене будівництво» вживається для опису процесів проєктування, зведення та експлуатації будівель, які мінімізують негативний вплив на довкілля та здоров'я людини. Сучасні екологічні виклики, такі як зміна клімату, забруднення повітря та води, вимагають комплексного підходу до формування сталого міського середовища. Зелене будівництво є однією з ефективних стратегій, що дозволяє зменшити споживання ресурсів, знизити викиди парникових газів та сприяти збереженню екосистем.

Сучасні концепції зеленого будівництва базуються на кількох ключових принципах: енергоефективність, раціональне використання води, застосування екологічно чистих будівельних матеріалів, інтеграція відновлюваних джерел енергії та створення комфортного середовища для мешканців. Застосування таких підходів має на меті не лише покращення екологічних показників, а й економію витрат протягом усього життєвого циклу будівлі. (Рис.1)

Сутність та принципи зеленого будівництва

Енергоефективність. Використання енергоощадних технологій (теплоізоляція, сучасні віконні системи, «розумне» освітлення), що знижують витрати енергії для обігріву та охолодження будівель.

Відновлювані джерела енергії. Інтеграція сонячних панелей, вітрогенераторів, геотермальних систем тощо. Це зменшує залежність від викопного палива та скорочує викиди парникових газів.



Рис.1 Принципи «Зеленого» будівництва. [1]

Раціональне використання водних ресурсів. Збір дощової води, встановлення систем повторного використання води, встановлення економних змішувачів та зливних бачків.

Використання екологічних матеріалів. Застосування сертифікованої деревини, перероблених матеріалів, натуральних утеплювачів і фарб на водній основі без токсичних домішок.

Комфорт та здоров'я мешканців. Забезпечення належної вентиляції, природного освітлення, використання нетоксичних оздоблювальних матеріалів, створення зелених зон та «живих стін».

2. Інструменти оцінки екологічної ефективності

У світі існує кілька відомих систем сертифікації зелених будівель. Найпоширеніші з них – LEED (США) та BREEAM (Велика Британія). В Україні також зростає зацікавленість у впровадженні таких стандартів. Вони оцінюють проекти за низкою критеріїв: енергоефективність, водозбереження, вибір матеріалів, транспортна доступність, управління відходами тощо.

3. Екологічний та економічний ефект

Зелене будівництво забезпечує:

- Зменшення витрат на енергоносії. Інвестиції в енергоощадні технології окуповуються за рахунок зниження рахунків за опалення, кондиціювання та електроенергію.

- Покращення якості життя. Здоровий мікроклімат у будівлях, достатнє природне освітлення, знижений рівень шуму.

- Підвищення ринкової вартості нерухомості. Сертифіковані будівлі стають привабливішими для орендарів і покупців, які цінують екологічно відповідальний підхід.

4. Виклики та перспективи розвитку в Україні

- Низький рівень обізнаності. Багато забудовників та потенційних власників нерухомості не до кінця усвідомлюють переваги зеленого будівництва. Недостатня нормативна база. Законодавство щодо енергоефективності та екологічних стандартів постійно вдосконалюється, але потребує подальшої гармонізації з міжнародними нормами.

- Фінансові бар'єри. Висока початкова вартість екологічних матеріалів та технологій може відлякувати інвесторів, проте довгострокова економія зазвичай перекидає ці витрати.

Водночас, існують перспективи:

- Розширення програм державної підтримки. Пільгові кредити, гранти на енергоефективні проєкти, «зелені» тарифи.

- Зростання попиту на екологічне житло. Суспільство стає більш екологічно свідомим, що сприяє формуванню запиту на якісні «зелені» будівлі.

- Інтеграція інноваційних технологій. Швидкий розвиток стартапів у сфері відновлюваної енергетики, автоматизації та «розумного дому» відкриває нові можливості.

Таблиця 1

Показник Традиційна будівля «Зелена» будівля

Показник	Традиційна будівля	«Зелена» будівля
Споживання електроенергії	Високе	Низьке завдяки енергоефективним технологіям
Використання води	Необмежене	Оптимізоване, з повторним використанням дощової води
Тип будматеріалів	Часто синтетичні, токсичні	Екологічно чисті, перероблені або сертифіковані
Якість повітря у приміщенні	Залежить від вентиляції	Поліпшена завдяки фільтрації та природній вентиляції
Викиди CO ₂	Вищі	Знижені за рахунок відновлюваних джерел енергії

Декілька прикладів таких проєктів:

Житловий комплекс «Diadans» у Києві. Цей комплекс став першим в Україні житловим будинком, сертифікованим за міжнародним екологічним стандартом BREEAM International New Construction. Сертифікація включала

оцінку енергоефективності, впливу на навколишнє середовище, безпеки для мешканців, використання екологічних матеріалів та зручності транспортної інфраструктури. (Рис.2)



Рис.2. Житловий комплекс «Diadans» у Києві.[2]

Житловий комплекс «Fjord» у Києві. Цей комплекс вирізняється нестандартною для Києва архітектурою з каскадною змінною поверховістю секцій та стінами зі скелястими формами, що підкреслює його екологічний дизайн.(Рис.3)



Рис.3. Житловий комплекс «Fjord» у Києві. [3]

Висновок

Отже, зелене будівництво є невід’ємною складовою сталого розвитку суспільства та ефективним інструментом для розв’язання екологічних проблем. Воно сприяє зменшенню викидів парникових газів, економії ресурсів, покращенню здоров’я населення та підвищенню інвестиційної привабливості нерухомості. В Україні існують значні можливості для подальшого розвитку зеленого будівництва завдяки розширенню законодавчої бази, державним програмам підтримки та зростаючому суспільному інтересу до екологічно безпечних рішень.

Література

1. Екологічна модернізація будівництва в Україні. (<https://man.org.ua/nv/index.php/about/article/view/10/8>)
2. Принципи «Зеденого» будівництва [<https://ns-plus.com.ua/2017/08/05/zeleni-innovatsiyi-realiyi-ta-perspektyvy-zelene-budivnytstvo-v-ukrayini/>]
3. Зелені технології в сучасному міському середовищі: (<https://dpu.edu.ua/images/Documents/UNIVERSITET/FAKULTETI%20INSTITUTI/Fakultet%20podatkovoi%20spravi%20obliku%20ta%20auditu/Kafedra%20ekonomicnoi%20politiki%20ta%20sO>]
4. Енергоефективні будівлі: проектування та експлуатація. (<https://infobox.prozorro.org/articles/gotovi-proektni-rishennya-shchodo-proektuvannya-ta-rekonstrukciji-energoefektivnih-budivel-zakladiv-doshkilnoji-osviti>)
5. Житловий комплекс «Diadans» у Києві. [https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Житловий_комплекс_«Diadans»]
6. Житловий комплекс «Fjord» у Києві [<https://lun.ua/uk/жк-fjord-київ#&gid=1&pid=1>]
7. LEED [Електронний ресурс]. – Режим доступу(<https://www.usgbc.org/leed>)

ТРИВАЛІСТЬ ВИПАДІННЯ ОПАДІВ

Світлана Буднік,

*Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського,
svetlana_budnik@ukr.net*

Інформація про особливості випадіння атмосферних опадів важлива при господарському використанні будь якої території. За цією інформацією формують водовідвідні мережі, протиерозійні заходи, режими зрошення й інш. [1-3,7,8,10,12-14]. При проектуванні дощової або виробничо-дощової системи каналізації використовують поняття розрахункової тривалості дощу, що дорівнює тривалості протікання поверхневих вод по поверхні, лотках та трубах до розрахункової ділянки, визначається по таблицях за кліматичними районами та населеними пунктами [1], тут можна посперечатися щодо відповідності терміну дійсній тривалості дощу. Також у виробничій діяльності використовують поняття середньої тривалості дощу для визначеної місцевості за рік (приймають за даними найближчої метеостанції) [2] й т.п.

Тривалість опадів є однією з основних характеристик дощів [7,8,12-15]. Візуальні спостереження за тривалістю атмосферних явищ, в тому числі й тривалості атмосферних опадів, були організовані на теренах СРСР у 1936 році. Інформацію про тривалість дощів можна також отримати зі спостережень за інтенсивністю опадів (спостереження за допомогою плювіографів, ВОА-1М тощо). А.Н.Лебедев (1964), аналізуючи візуальні спостереження за тривалістю

опадів та дані пловіографів, з'ясував, що дані пловіографу дають занижену тривалість опадів, оскільки прилад має недостатню чутливість до дрібних опадів, так в районах з частими дрібними опадами та опадами, що мрячать частка неврахованої тривалості опадів може становити 40-50%.

Однак саме дрібні й мрячі опади створюють несприятливі умови при будівництві й експлуатації деяких об'єктів. За сучасних підходів щодо містооблаштування й не тільки зараз існують вимоги до розглядання всього спектру дощів від короткотривалих до найтриваліших [9, 11].

Для аналізу були взяті матеріали спостережень Державної гідрометеорологічної служби України за дощами за допомогою пловіографів. Розглядалися матеріали спостережень по метеостанціях Київ, Кам'янка-Бузька та Яремче (табл.1).

Таблиця 1

Діапазони вимірів по метеостанціях, що досліджуються

Характеристика	Київ	Кам'янка-Бузька	Яремче
Період спостережень, роки	1913, 1924-1929, 1950-61, 1967-81, 1994, 1996-2020	1963 – 85, 1988-2018	1952-1953, 1955-56, 1958-2020
Кількість виміряних дощів, шт	2261	1972	4374
Діапазон тривалості дощів, хв.	1 - 2218	3 - 2505	1 - 3760

Ряди спостережень досить розрізняються за початком спостережень, їх тривалістю й кількістю зафіксованих дощів. Зміна тривалості дощів в часі краще простежується по метеостанції Київ й має тенденцію до збільшення, для метеостанцій Кам'янка – Бузька й Яремче це практично не видно (рис.1).

Дощі тривалістю 12 годин (720 хв) й більше випадають не дуже часто (рис.2) 4-6% з усіх дощів. Для порівняння: стихійні метеорологічні явища відносно атмосферних опадів прийнято розглядати за інтервал у 12 годин [4], так, дощ з кількістю опадів більше ніж 20 мм у селенебезпечних районах Карпат, що випав протягом 12 годин й менше, вважається селенебезпечним й т.п. [5].

Проведені дослідження показують, що тривалі дощі виникають дуже рідко й мають відносно невисоку інтенсивність [6], однак й їх вплив на навколишнє середовище є більш тривалим. В часі збільшення тривалості дощів, з розглянутих метеостанцій, простежується лише для метеостанції Київ. Можлива зміна особливостей випадіння дощів в порівнянні з попередніми може позначитись на особливостях функціонування багатьох споруд й технічних систем. Ця обставина потребує поглиблене дослідження тривалості випадіння дощів на більшій кількості метеорологічних станцій по всій території України.

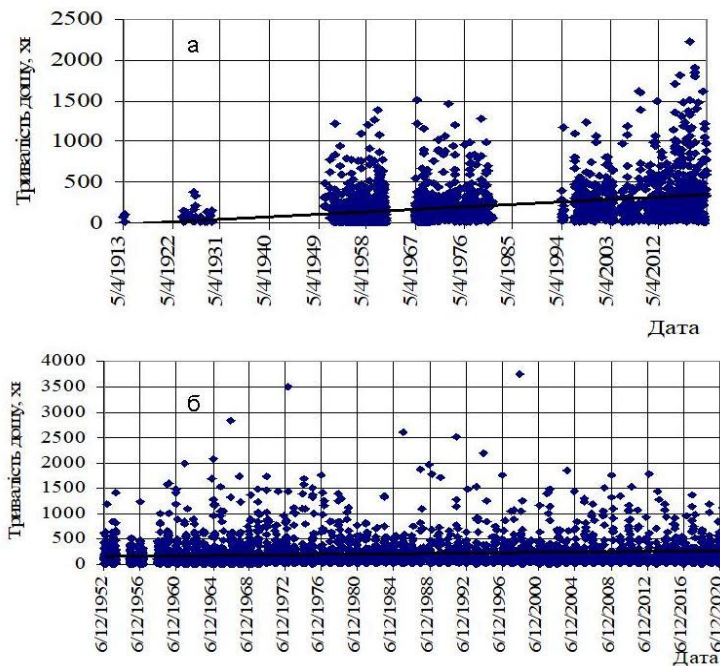


Рис.1. Зміна в часі тривалості опадів по метеостанції Київ (а) й по метеостанції Яремче (б).

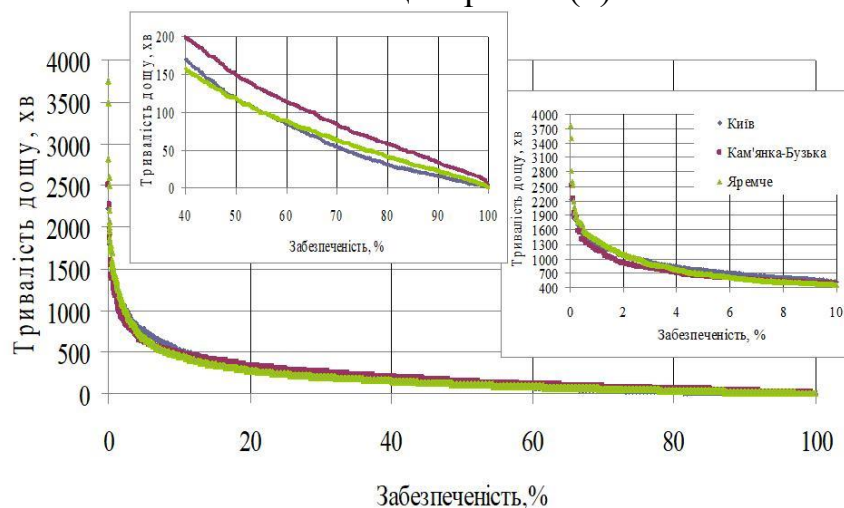


Рис.2. Забезпеченість тривалості дощових опадів по метеостанціях Київ, Кам'янка-Бузька та Яремче.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5 - 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2019. 211 с.
2. ДСТУ 8691:2016 Стічні води. Настанови щодо встановлення технологічних нормативів відведення дощових стічних вод у водні об'єкти. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2016. 32 с.
3. Кінаш Р. І., Гук Я. С. Методика обчислення нормативних площ зовнішнього водовідведення даху для території Закарпатської області. // Lviv

Polytechnic National University Institutional Repository. 2015. С. 263-273.
<http://ena.lp.edu.ua>

4. Настанова з метеорологічного прогнозування. Київ: УГМЦ. 2019. 35с.
5. Положення про порядок складання та доведення до споживачів попереджень про небезпеку формування селевих потоків в Українських Карпатах. Київ: УГМЦ. 2017. 7 с.

6. Budnik S.V. Relationship and Variability of Atmospheric Precipitation Characteristics in the North-West of Ukraine. // Journal of Atmospheric Science Research. Volume 06. Issue03. July 2023.P.30-40. DOI: <https://doi.org/10.30564/jasr.v6i3.5657>.

7. Laouacheria F., Kechida S., Chabi M. 2019. Modelling the impact of design rainfall on the urban drainage system by Storm Water Management Model. Journal of Water and Land Development. No. 40 (I–III) p. 119–125. DOI: 10.2478/jwld-2019-0013.

8. Mats Olofsson. Climate Change and Urban Drainage – Future precipitation and hydraulic impact. Division of Architecture and Infrastructure. Lulee University of Technology. Sweden. 2007. 74 p.

9. Metodyka opracowania Polskiego Atlasu Natężeń Deszczów (PANDa).//Pod red. Pawła Licznara i Janusza Zaleskiego. Warszawa 2020.139s.

10. McGrath, G., Kaeseberg, T., Reyes Silva, J. D., Jawitz, J. W., Blumensaat, F., Borchardt, D., et al. Network topology and rainfall controls on the variability of combined sewer overflows and loads.// *Water Resources Research*, 2019. 55,9578–9591. <https://doi.org/10.1029/2019WR025336>.

11. PN-EN 752: 2017. Drain and sewer systems outside buildings – Sewer system management. Zewnętrzne systemy odwadniające i kanalizacyjne – Zarządzanie systemem kanalizacyjnym, PKN, Warszawa. 2017. 96 p.

12. Szelaґ B., Kiczko A., Łagód G., De Paola F. Relationship Between Rainfall Duration and Sewer System Performance Measures Within the Context of Uncertainty. *Water Resources Management*. 2021. 35:5073–5087. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02998-x>

13. Szelaґ B., Fatone F., Kiczko A., Majerek D., Białek A., Łagód G., Piotrowicz A., Dąbek L. Extended Evaluation of the Impact of Rainfall, Sewer Network and Land Use Retention on Drainage System Performance in a Multi-Criteria Approach – Modeling, Sensitivity Analysis.// *Advances in Science and Technology Research Journal*, 2024. 18(6). P.291–303. <https://doi.org/10.12913/22998624/192023>.

14. Tasnim Nasrin, Ashok K. Sharma and Nitin MuttilTasnim Nasrin, Ashok K. Sharma and Nitin Mutti. Impact of Short Duration Intense Rainfall Events on Sanitary Sewer Network Performance. *Water* 2017. 9. 225; doi:10.3390/w9030225. www.mdpi.com/journal/water

15. World Meteorological Organization. Guide to Instruments and Methods of Observation; World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland, 2018. p. 548.

ВПЛИВ ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ НА ЕСТЕТИЧНЕ СПРИЙНЯТТЯ МІСЬКОГО ПРОСТОРУ

Булгакова Д.І, Ахаймова А.²

¹*ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури»*

²*Мовний керівник: викл., Шабанова К.М*

24085arc.bulhakova365.pdaba@gmail.com

Урбанізація призвела до збільшення кількості бетонних споруд, зменшення зелених насаджень та негативного впливу на естетичне сприйняття міських територій [1]. На естетичне сприйняття в екологічній психології впливають такі фактори, як колір, текстура та сприйнята природність [2]. Зелені дахи - рослинні шари, вирощені на дахах - пропонують багатогранне втручання, яке покращує міську естетику завдяки візуальному контрасту, сезонним змінам та біоміметичній інтеграції. Поєднуючи архітектурний дизайн з екологічними принципами, вони втілюють ідеали біофільного дизайну, які стверджують, що люди мають вроджену спорідненість з природою [3].

Дослідження показують, що зелені дахи можуть значно підвищити візуальну привабливість міських просторів. Ахлфельдт і Маєнніг виявили, що привабливість нерухомості поблизу будівель із зеленими дахами в Берліні зростає на 5-10% [4]. Дослідження Van der Veen та ін. продемонструвало, що зелене покриття даху знижує температуру поверхні на 8°C, опосередковано покращуючи візуальний комфорт і відчуття свіжості [5]. Нещодавні дослідження також вивчають роль кольорової палітри - місцевих польових квітів проти одноманітних килимків із седуму - та їхній різний вплив на громадські уподобання [6].

Ванкуверський конференц-центр (Канада): На його даху площею шість акрів росте понад 400 000 місцевих рослин, створюючи мозаїку текстур і сезонного цвітіння. Опитування громадськості оцінили дах на 4,8/5 балів за відчуття природності та релаксації [7].

Центральний парк (Сідней, Австралія): Включає світло, відбите геліостатом, на стіни з плюща та бромелієвих рослин. Естетичні оцінки підкреслюють, що взаємодія світла і рослинності покращує міські нічні пейзажі [8].

Музей набережної Бранлі (Париж): Вертикальний сад Блана демонструє біогеографічне зонування рослин: тропічні тіньові види біля основи та альпійська флора у верхній частині. Таке розшарування збагачує сенсорне розмаїття і приваблює великий пішохідний трафік як візуальна атракція [9].

Завод «Форд Рівер Руж» (Дірборн, США): інсталяція промислового масштабу має контрастні гравійні доріжки та газони з седуму, що підкреслює варіативність текстур. Відгуки відвідувачів підкреслюють несподіваний «ефект оазису» у виробничому контексті [10].

У цій роботі було використано різні методи дослідження інформації:

Кількісні опитування: Естетичні показники включають сприйняття природності, розмаїття кольорів та текстурної складності, оцінені за 7-бальною шкалою Лайкерта. Вибірка з 500 респондентів у чотирьох містах забезпечує статистичну достовірність ($p < 0,01$).

Візуальне картування переваг (VRM): Теплові карти на основі ГІС накладають естетичні оцінки на міську тканину, ілюструючи просторовий розподіл громадської оцінки.

Кількісні опитування: Глибинні опитування 20 містобудівників та ландшафтних архітекторів виявляють пріоритети дизайну (наприклад, сезонне кольорове планування) та міркування щодо обслуговування (наприклад, естетика зрошення).

Естетичні рейтинги: Райони з зеленими дахами отримали в середньому 6,2/7 балів, порівняно з 4,5/7 на контрольних ділянках ($p < 0,001$).

Карти візуальних переваг: Точки позитивного сприйняття збігаються з кластерами зелених дахів високої щільності, створюючи мережеві ефекти.

Ідеї дизайнерів: Планувальники наголошують на необхідності змішаної палітри насаджень, щоб уникнути монотонності, і виступають за модульні системи зелених дахів для візуальної гнучкості.

Результати дослідження підкреслюють, що варіативність текстур, сезонність кольорів та стратегічне освітлення є ключовими факторами естетичного сприйняття. Крім того, візуальна безперервність між садами на дахах і вуличними парками посилює загальну міську згуртованість.

Уряди Німеччини та Швейцарії пропонують субсидії, що покривають до 60% витрат на встановлення зелених дахів - політика, яка корелює з вищими показниками впровадження та більш досконалим естетичним дизайном. Однак існують і певні виклики:

Протоколи технічного обслуговування: Забезпечення різноманітності рослин без переростання вимагає періодичної обрізки, яка, якщо нею нехтувати, може призвести до утворення однорідного дерну і зниження візуального інтересу.

Динаміка витрат і вигод: початкові витрати на встановлення можуть бути на 20-50% вищими, ніж на звичайні покрівлі; аналіз життєвого циклу показує, що період окупності становить 8-12 років, якщо поєднувати економію енергії та підвищення естетичної цінності.

Рисунок 1 показує це наочно:

- Карта світу, на якій позначені міста з тематичного дослідження (Ванкувер, Сідней, Париж, Дірборн)

- Гістограма порівняння середніх естетичних оцінок (із зеленими дахами та без них)

- Перелік «за» і «проти» з детальним описом візуальних переваг і практичних викликів

- Цикл біофільного дизайну, що показує зв'язок між інтеграцією природи, естетичною цінністю та міським плануванням

Загалом, зелені дахи не лише покращують естетичне сприйняття міського простору завдяки кольору, текстурі та дизайнерським інноваціям, але й сприяють екологічним та соціальним перевагам. Їх інтеграція в біофільний дизайн підвищує стійкість і благополуччя міст. Майбутні дослідження повинні вивчати поздовжні естетичні дослідження в різних кліматичних зонах, роль інтерактивних зелених елементів даху (наприклад, громадських садів), а також застосування імерсивних інструментів AR/VR для планування та оцінки ландшафтів на дахах.

АКТУАЛЬНІСТЬ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ТЕПЛА: КОНСТРУКЦІЇ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ

Володимир Бундзило¹, Богдан Гулай¹

¹Національний університет «Львівська політехніка»,
volodymyr.p.bundzylo@lpnu.ua

Забезпечення належної якості повітря в приміщеннях при одночасному зниженні енергоспоживання будівель є однією з ключових проблем сучасного будівництва. В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв та посилення екологічних вимог, децентралізовані системи вентиляції з рекуперацією тепла набувають все більшої актуальності як ефективне рішення для підтримання оптимального мікроклімату (рис. 1).



Рис. 1. Переваги децентралізованих систем

Децентралізовані вентиляційні установки з рекуперацією тепла представляють собою компактні пристрої, що встановлюються безпосередньо в зовнішніх огорожувальних конструкціях будівлі і забезпечують повітрообмін окремих приміщень. Принцип їх роботи базується на використанні теплообмінників, які забезпечують передачу теплової енергії від

втяжного повітря до припливного, що дозволяє суттєво знизити витрати на опалення чи охолодження [1,2].

Сучасний ринок пропонує різноманітні конструктивні рішення таких систем, які відрізняються за матеріалом теплообмінників та конструкцією (пластинчасті, роторні, з проміжним теплоносієм), ефективністю рекуперації (від 50% до 90%), способом керування повітряним потоком та додатковими функціями (фільтрація, нагрівання, охолодження) (рис. 2).

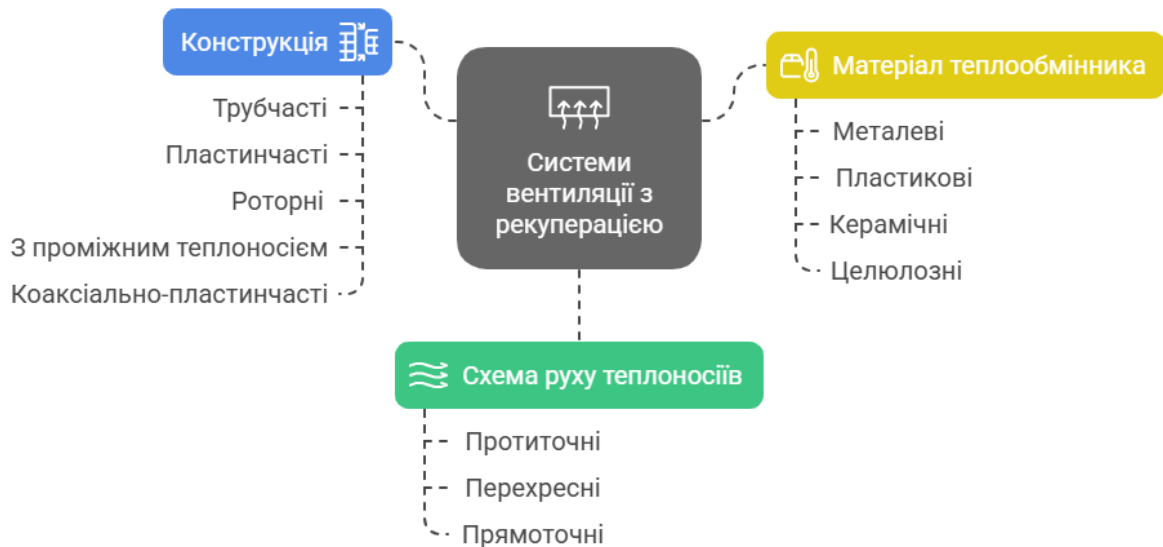


Рис. 2. Класифікація систем вентиляції з рекуперацією

Нормативна база, зокрема європейські стандарти EN 308:2022 та EN 13141-8:2023, встановлює методику випробувань та критерії оцінювання ефективності таких систем [3,4]. Дотримання цих стандартів є важливим аспектом при розробленні та впровадженні децентралізованих вентиляційних установок.

На основі аналізу літературних джерел та наукових досліджень Manz et al. (2000), Nizovtsev et al. (2016), Carbonare et al. (2020) та інших авторів [5-8], що займалися вивченням енергоефективних систем вентиляції, було розроблено діаграму, яка систематизує та наочно відображає комплекс взаємопов'язаних факторів, що визначають ефективність децентралізованих вентиляційних систем з рекуперацією тепла (рис. 3). Комплексне врахування цих факторів дозволяє оптимізувати конструкцію, режими роботи та експлуатацію децентралізованих вентиляційних систем з рекуперацією тепла для досягнення максимальної енергоефективності при забезпеченні належної якості мікроклімату в приміщеннях.

Економічна доцільність впровадження таких систем визначається не лише початковими інвестиціями, але й експлуатаційними витратами та потенційною економією енергоресурсів протягом життєвого циклу обладнання. Аналіз цих факторів також дозволяє оцінити терміни окупності та фінансову привабливість проектів з впровадження децентралізованих вентиляційних систем.

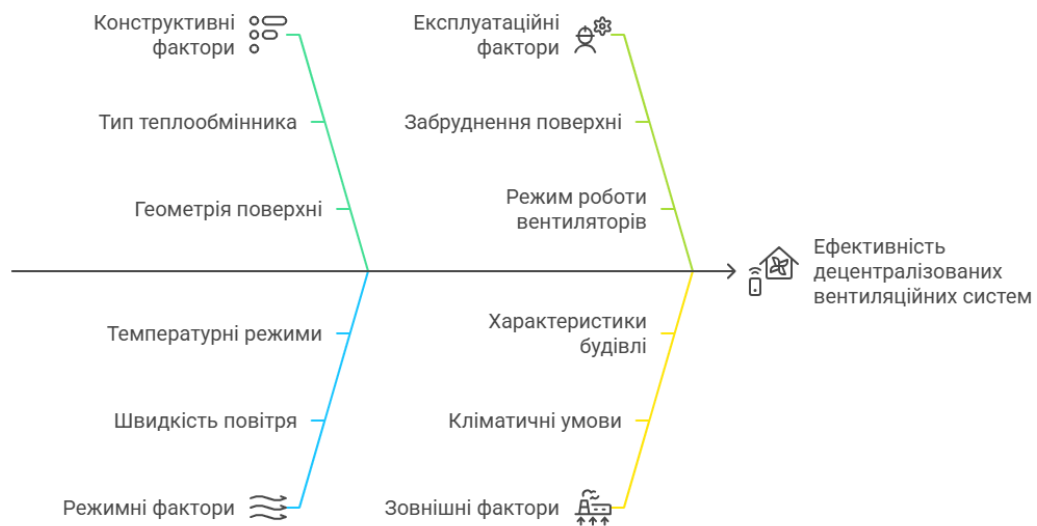


Рис. 3. Причинно-наслідкова діаграма факторів впливу на ефективність децентралізованих вентиляційних систем

Застосування сучасних методів комп'ютерного моделювання, зокрема CFD (Computational Fluid Dynamics)-аналізу в програмному середовищі SolidWorks [9], дозволяє оптимізувати конструкції теплообмінників та прогнозувати їх ефективність в різних умовах експлуатації без проведення дорогорітисних натурних експериментів.

Важливим аспектом впровадження децентралізованих систем вентиляції з рекуперацією тепла в українських реаліях є адаптація таких систем до кліматичних умов регіонів країни. Так як ефективність рекуперації суттєво змінюється залежно від температурних режимів та вологості повітря протягом року для західних областей України з підвищеною вологістю повітря рекомендовано використання системи із захистом від конденсату та утворення криги, тоді як для південних регіонів більш актуальним є впровадження системи із можливістю байпасу для літнього режиму роботи, коли рекуперація тепла є недоцільною.

У контексті зростаючих вимог до екологічності будівництва, децентралізовані системи вентиляції з рекуперацією тепла стають невід'ємним компонентом зелених стандартів будівництва, таких як LEED, BREEAM та DGNB. Впровадження такої системи дозволяє отримати додаткові бали при сертифікації будівель за даними стандартами, що забезпечує їхню ринкову привабливість та відповідає глобальним трендам декарбонізації будівельного сектору. Комплексний підхід до проектування вентиляційних систем з урахуванням принципів циркулярної економіки та аналізу життєвого циклу (LCA) дозволяє мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити сталий розвиток галузі вентиляції та кондиціонування повітря.

Таким чином, дослідження децентралізованих систем вентиляції з рекуперацією тепла має комплексний характер і охоплює конструктивні, технологічні, економічні та екологічні аспекти, що визначає його високу

актуальність та практичну значущість для сучасного будівництва та енергетичного сектору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tolvaly-Roşca F., Fekete A.-Z., Forgo Z. Investigation of the Real Efficiency of a Decentralized Heat Recovery Ventilation System. *Műszaki Tudományos Közlemények*. 2024. Vol. 20. P. 78–82.
2. Gulai B., Shapoval S., Pryimak O., Zhelykh V., Klymenko H. Energy-efficient ventilation systems. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2024. Vol. 604. P. 147–156.
3. European Committee for Standardization. EN 308:2022 – Heat exchangers. Test methods for air-to-air and air-to-exhaust gas heat recovery devices to determine performance characteristics. CEN, 2022.
4. European Committee for Standardization. EN 13141-8:2023 – Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation – Part 8: Performance testing of non-ducted mechanical supply and exhaust ventilation units (including heat recovery). CEN, 2023.
5. Carbonare N., Fugmann H., Asadov N., Pflug T. Simulation and Measurement of Energetic Performance in Decentralized Regenerative Ventilation Systems. *Energies*. 2020. Vol. 13, № 22. 6010.
6. Nizovtsev M. I., Borodulin V. Y., Letushko V. N., Zakharov A. A. Analysis of the efficiency of air-to-air heat exchanger with a periodic change in the flow direction. *Applied Thermal Engineering*. 2016. Vol. 93. P. 113-121.
7. Manz H., Huber H., Schälín A., Weber A., Ferrazzini M., Studer M. Performance of single room ventilation units with recuperative or regenerative heat recovery. *Energy and Buildings*. 2000. Vol. 31, № 1. P. 37–47.
8. Spodynuk N., Gulai B., Zhelykh V., Shapoval S. Leveling of pressure flow of radial ventilator in mine ventilation system. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2019. № 6. P. 80–86.
9. Solidworks: Solidworks 2025 Help. URL: <https://help.solidworks.com/> (дата звернення: 28.04.2025).

ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СТРАТЕГІЙ У ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТАХ ЯК УМОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ІНТЕГРОВАНОЇ МОБІЛЬНОСТІ

Вікторія Божанова¹, Вадим Васильченко²

^{1,2}ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», УДУНТ,

¹vyu7575@gmail.com, ²vadim27470@gmail.com

У сучасних умовах активної урбанізації та посилення екологічних викликів особливого значення набуває впровадження принципів сталого розвитку в усі сфери господарської діяльності. Однією з ключових галузей, що має істотний вплив на навколишнє середовище, є будівництво. Розвиток

концепції зеленого будівництва передбачає не лише використання екологічно чистих матеріалів та енергоефективних технологій, а й комплексний підхід до проектування інфраструктури, зокрема транспортної. Формування ефективних транспортних стратегій у зелених будівельних проєктах виступає важливою передумовою забезпечення інтегрованої мобільності, зниження викидів парникових газів, підвищення якості життя населення та гармонійного розвитку міського середовища. У цьому контексті вивчення сучасних підходів до планування транспорту в зелених проєктах є надзвичайно актуальним і відкриває нові перспективи для сталого розвитку міст і регіонів.

В умовах війни та глибоких інституційних змін Україна також демонструє наміри активно впроваджувати принципи сталого розвитку у сфері транспортного планування. Так, у 2024 р. Кабінет Міністрів України затвердив оновлену Національну транспортну стратегію на період до 2030 р., а також був затверджений операційний план її реалізації на період 2025–2027 рр. [3]. У фокусі нового стратегічного підходу – гармонізація законодавства з актами права Європейського Союзу, інтеграція національної інфраструктури до Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T), а також впровадження міжнародних екологічних і технологічних стандартів [3].

Зазначена стратегія має також вагомe зовнішньополітичне значення: вона розглядається як один з ключових індикаторів реалізації Плану України в межах ініціативи Європейського Союзу «Ukraine Facility» [3]. Вона спрямована на посилення екологічної відповідальності та модернізацію транспортної галузі відповідно до вимог сталого розвитку.

Водночас, за оцінками Світового банку, втрати транспортного сектору внаслідок збройної агресії Російської Федерації до кінця 2023 р. сягнули 30,5 млрд євро, а потреби у відновленні – 66,8 млрд. євро [3]. Така ситуація не лише ускладнює реалізацію національних транспортних стратегій, а й вимагає якісно нового підходу до формування транспортної інфраструктури – з урахуванням екологічної стійкості, енергоефективності та інтегрованості до європейського простору мобільності.

Таким чином, український контекст яскраво демонструє необхідність поєднання екологічного та інфраструктурного відновлення в єдиній парадигмі сталого розвитку. Це створює передумови для адаптації сучасних транспортних стратегій до потреб зеленого будівництва та екологічно орієнтованої урбаністики.

Сама концепція зеленого будівництва базується на ключових принципах, які передбачають ефективне використання енергії, води та інших природних ресурсів; застосування відновлюваних джерел енергії; зниження рівня забруднення та обсягів відходів; можливість повторного використання матеріалів, використання екологічно стійких матеріалів, врахування впливу на довкілля при проєктуванні та експлуатації, а також забезпечення високої якості життя мешканців.

На рівні Європейського Союзу зелена трансформація галузі закріплена в стратегічній ініціативі «Європейський зелений курс», що передбачає повну

декарбонізацію економіки ЄС до 2050 р. Особливу увагу в цьому контексті приділено будівельному сектору — як одному з головних джерел викидів CO₂. Реформа Директиви про енергетичну ефективність будівель (EPBD), прийнята в межах Зеленого курсу, передбачає скорочення енергоспоживання житловими будинками в середньому на 16% до 2030 р. і до 20–22% до 2035р.[1].

У практичному вимірі принципи зеленого будівництва впроваджуються й в Україні. Наприклад, житловий комплекс «Європейський» у місті Полтава зводиться із використанням керамічної цегли, екологічного утеплювача фасадів та шумоізоляції між квартирами, що відповідає сучасним стандартам енергоефективності [2].

Важливо зазначити, що ефективність реалізації принципів сталого будівництва підтверджується відповідними сертифікаційними системами. Найпоширенішими є:

- британська система BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method),
- американська LEED (Leadership in Energy and Environmental Design),
- німецька DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) [2].

Не менш важливим є формування ефективних транспортних стратегій у зелених будівельних проєктах, що виступає важливою передумовою забезпечення інтегрованої мобільності, зниження викидів парникових газів, підвищення якості життя населення та гармонійного розвитку міського середовища. У цьому контексті вивчення сучасних підходів до планування транспорту в зелених проєктах є надзвичайно актуальним і відкриває нові перспективи для сталого розвитку міст і регіонів.

Одним із найпрогресивніших підходів до інтеграції транспортної інфраструктури в зелені проєкти є концепція Transit-Oriented Development (TOD). Вона передбачає створення компактних, інтегрованих міських просторів, у яких поєднуються житлові, комерційні й соціальні об'єкти, зручно розташовані навколо вузлів громадського транспорту.

Тобто, основна ідея TOD полягає у забезпеченні зручного доступу до транспорту, розвитку пішохідної та велосипедної інфраструктур, зменшенні залежності від особистих автомобілів та скороченні викидів CO₂. Таким чином, TOD стимулює ефективне використання простору, формує комфортне міське середовище та сприяє сталому мобільному розвитку [5].

Ще однією інноваційною моделлю є концепція Smart Mobility - стратегія, що базується на інтеграції новітніх цифрових технологій у сферу транспорту з метою підвищення його ефективності, безпеки та екологічності. Яскравим прикладом є стратегічний план Smart Mobility 2030, реалізований у Сінгапурі. Проєкт має чотири основні засади: інформативність, інтерактивність, підтримувальність і екологічність. Він передбачає впровадження сталих рішень у сфері розумної мобільності, розробку стандартів для інтелектуальних транспортних систем, а також формування партнерських відносин між органами влади, бізнесом та громадськістю [4].

Сучасні інтелектуальні транспортні системи охоплюють різноманітні види мобільності — від електросамокатів і велосипедів до метро, швидкісних трамваїв, автономних транспортних засобів і таксі. Усі ці елементи формують єдину мобільну екосистему, яка орієнтована на зниження енергоспоживання, зменшення заторів і покращення доступу до транспорту в межах сталих міських просторів [4].

Тож, інтеграція принципів сталого транспортного планування в концепцію зеленого будівництва є ключовим чинником досягнення цілей сталого розвитку в умовах сучасної урбанізації. Такий підхід не лише сприяє екологічному відновленню міст, а й створює нові умови для ефективного використання ресурсів, підвищення мобільності населення та досягнення кліматичних цілей. Враховуючи екологічні, соціальні та технологічні виклики, поєднання екологічного будівництва з інноваційними транспортними рішеннями, зокрема концепціями Transit-Oriented Development і Smart Mobility, дозволяє формувати комфортне, доступне та безпечне міське середовище. В українських умовах впровадження таких підходів у поєднанні з міжнародними екологічними зобов'язаннями відкриває широкі можливості для відновлення та модернізації інфраструктури. При цьому оновлення нормативної бази, розвиток транспортної системи та адаптація європейських стандартів виступають основою для досягнення довгострокової стійкості міського середовища. Саме синергія між інфраструктурним оновленням та екологічною стратегією забезпечує ефективну мобільність населення і сталий розвиток міст.

Таким чином, впровадження ефективних транспортних стратегій у зелених будівельних та транспортно-логістичних проектах є надзвичайно актуальним і відкриває нові перспективи розвитку, забезпечуватиме інтегровану мобільність, зниження викидів парникових газів, підвищення якості життя населення та гармонійного сталого розвитку міського середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Еко технології : що таке зелене будівництво? 30.04.2023. *Інтернет-видання «Полтавщина»*. blog.poltava.to: веб-сайт URL: <https://blog.poltava.to/atlant/16326/> (дата звернення 29.04.2025).
2. Зелене будівництво та будівельні матеріали // Geze.ua : веб-сайт URL: <https://surli.cc/zyiyfc> (дата звернення 28.04.2025).
3. Уряд затвердив оновлену Національну транспортну стратегію України до 2030 року. *Ukrinform.ua* : веб-сайт URL : <https://surl.li/vnplvi> (дата звернення 28.04.2025).
4. What is Smart Mobility? 21.08.2024. *Geotab* : веб-сайт URL.: <https://surl.li/tevlpb> (дата звернення 29.04.2025).
5. What is TOD? *ITDP* : веб-сайт URL : <https://itdp.org/library/standards-and-guides/tod3-0/what-is-tod/> (дата звернення 29.04.2025)

ДЕЯКІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВІТРОРозПОДІЛУ ЛІНІЙНИМ ЩІЛИННИМ ДИФУЗОРОМ

Ярослав Чемеринський¹, Орест Возняк¹

¹ Національний університет «Львівська політехніка»,

Yaroslav.R.Chemerynskyi@lpnu.ua

В тезах розглядається підвищення ефективності повітророзподілу в приміщенні при використанні в якості повітророздаючих пристроїв лінійних дифузоров. Лінійні дифузори дозволяють забезпечити комфортні умови у приміщенні.

Сучасні вимоги нормативних документів до внутрішнього середовища приміщень [4] висувають високі стандарти щодо якості вентиляції та повітророзподілу [6], рівномірності температурного режиму [3] та забезпечення комфортного мікроклімату [1]. В умовах інтенсивної експлуатації приміщень, особливо офісних, громадських і виробничих, стає критично важливим ефективне управління рухом повітряних потоків [5]. Одним із важливих аспектів для цього є рівномірність розподілу повітря [2] без утворення застійних зон [10] або надмірних перепадів температури [9].

Системи вентиляції з традиційними повітророзподільними пристроями [8] часто не забезпечують необхідну рівномірність розподілу повітря [7], уникнення утворення зон перегріву або надмірного охолодження, а також недопущення локальних протягів. Це призводить до зниження комфорту перебування у приміщеннях [11], погіршення умов праці та навіть можливих негативних наслідків для здоров'я людей [12], зокрема розвитку респіраторних захворювань та загального зниження працездатності. Крім того, неефективне використання систем вентиляції і розподілення повітря спричиняє підвищене енергоспоживання [7], що збільшує витрати на опалення, кондиціонування та вентиляцію [8].

Лінійні щілинні дифузори є одним із перспективних рішень для покращення ефективності повітророзподілу [6]. Завдяки своїй конструкції вони забезпечують рівномірне та контрольоване розподілення повітря [10], що сприяє зменшенню локальних температурних коливань і зниженню ризику утворення протягів. Вони дозволяють досягти більш високої енергоефективності вентиляційних систем оскільки забезпечують оптимальне змішування повітряних мас і сприяють зменшенню втрат тепла або холоду.

Дослідження у сфері вентиляції та повітророзподілу свідчать, що використання лінійних щілинних дифузоров дозволяє значно покращити якість мікроклімату в приміщеннях [1]. Зокрема, експериментальні та чисельні моделювання Помилка! Джерело посилання не знайдено. показують, що такі дифузори забезпечують ефективний контроль над повітряними потоками, що важливо для підтримання комфортних умов у приміщеннях різного призначення [10].

Було поставлено завдання провести аналіз ефективності використання лінійних щілинних дифузоров у системах вентиляції, визначення оптимальних

параметрів їх роботи та оцінка їх впливу на рівномірність повітророзподілу в приміщеннях, а також дослідити аеродинамічні характеристики лінійного щілинного дифузора. У ході дослідження застосовуються методи чисельного моделювання та експериментальні вимірювання [8], що дозволяє обґрунтувати рекомендації щодо проєктування вентиляційних систем з використанням жалюзійних щілинних дифузорів для підвищення комфорту та енергоефективності.

Сьогодні в багатьох систем вентиляції в якості повітровипускних пристроїв застосовують жалюзійні лінійні дифузори [6] з двома і більше щілинами. Лінійні дифузори при роботі в припливних системах вентиляції, кондиціонування та опалення утворюють плоскі струмени [1].

Плоскі струмени, аналогічно компактним, мають ядро струмени – це область потоку з постійною швидкістю і температурою, полюс струмени (ПС), який є вершиною умовних зовнішніх границь струмени, що проходять через нього і через границі жалюзійного лінійного дифузора [4], [7], [10].

Швидкість v_y в будь-якому перерізі «х» на відстані «у» від осі плоскої струмени визначається за формулою Шліхтінга:

$$v_y = v_x \left[1 - \left(\frac{y}{y_{\text{гр}}} \right)^{1,5} \right]^2. \quad (1)$$

Доцільно використовувати відносні значення швидкостей, осьової $\bar{v}_x = v_x/v_o$ та в будь-якому поперечному перерізі $\bar{v}_y = v_y/v_o$. При цьому:

$$\bar{v}_x = \frac{0,48}{\frac{ax}{de} + 0,145}, \quad (2)$$

де $a = 0,078$;

d_e – еквівалентний діаметр насадка.

В неізотермічних струменях співвідношення між гравітаційними та інерційними силами в момент витікання характеризується критерієм Архімеда Ar_o :

$$Ar_o = \frac{g \sqrt{F_o} \cdot \Delta t_o}{V_o^2 \cdot T_b}, \quad (3)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

F_o – площа насадка, м^2 ;

Δt_o – надлишкова початкова температура, $\Delta t_o = t_o - t_e$, К;

T_b – абсолютна температура повітря в приміщенні, К;

V_o – початкова швидкість, м/с.

Залежно від величини Ar_o припливні струмені умовно поділяються на неізотермічні-А, коли вплив гравітаційних сил на які не є вагомим, та неізотермічні-В, де вплив гравітаційних сил є суттєвим.

В неізотермічних-А струменях, що випущені горизонтально, надлишкова температура $\Delta t_x = t_x - t_b$ визначається за формулою:

$$\Delta t_x = \frac{N}{x}, \quad (4),$$

де x – поточна поздовжня координата;

N – тепловий параметр:

$$N = \frac{0,54}{\operatorname{tg} \alpha} \sqrt{\frac{T_B}{T_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\xi}} \cdot \Delta t_o \cdot \sqrt{F_o}, \quad (5),$$

де α – кут розкриття струмини, $\alpha = 12^{\circ}25'$, а $\operatorname{tg} \alpha = 0,22$;

ξ – коефіцієнт місцевого опору, $\xi = 1$;

T_o – абсолютна температура на виході з насадки.

Для зручності розрахунків вводиться коефіцієнт затухання температури n :

$$n = \frac{0,54}{\operatorname{tg} \alpha} \sqrt{\frac{T_B}{T_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\xi}}, \quad (6),$$

а осьова надлишкова температура Δt_x :

$$\Delta t_x = n \cdot \Delta t_o \cdot \frac{\sqrt{F_o}}{x}. \quad (7).$$

Тому, надлишкова температура $\Delta t_y = t_y - t_e$ в будь-якому перерізі «х» на відстані «у» від осі:

$$\Delta t_y = \Delta t_x \cdot \exp(-0,7 \sigma_T \bar{y}^2) \quad (8),$$

де σ_T – турбулентне число Прандтля, $\sigma_T = 0,65 \div 0,7$ для компактних струменів;

$\bar{y}$ – поточна поперечна координата, $\bar{y} = y/cx$ – експериментальна стала, $c = 0,28$.

Часто використовувати відносні значення надлишкових температур, осьової $\Delta \bar{t}_x = \Delta t_x / \Delta t_o$ та в будь-якому перерізі $\Delta \bar{t}_y = \Delta t_y / \Delta t_x$.

Експериментальна установка складалася з лабораторного вентилятора, повітропроводів, гнучкої вставки, дифузора з кутом розкриття стінок $\alpha = 12^{\circ}25'$ та досліджуваного жалюзійного лінійного щілинного дифузору. Експерименти проводилися для різної кількості задіяних щілин дифузора так і різної довжини щілин. Висота цилін була зафіксована.

Дослідження проводилися на наступній експериментальній установці, що схематично показана на рисунку 1.

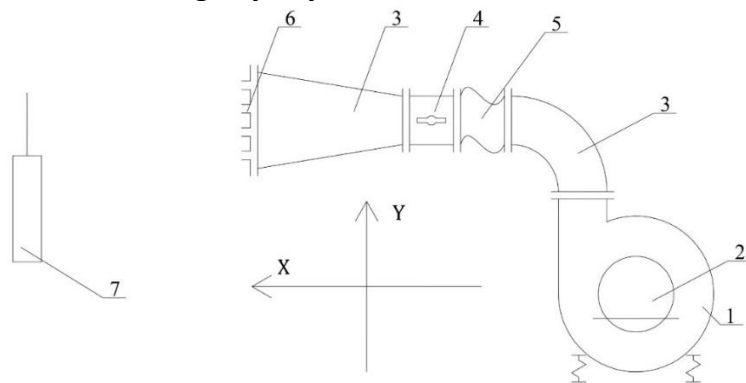


Рис.1 Схема експериментальної установки.

1 – відцентровий вентилятор; 2 – електродвигун; 3 – повітропровід;
4 – регулюючий клапан; 5 – гнучка вставка; 6 – лінійний щілинний дифузор; 7
– термоелектроанемометр testo-405i.

В результаті проведених досліджень залежність відносної поперечної швидкості можна відобразити наступним чином (рис 2).

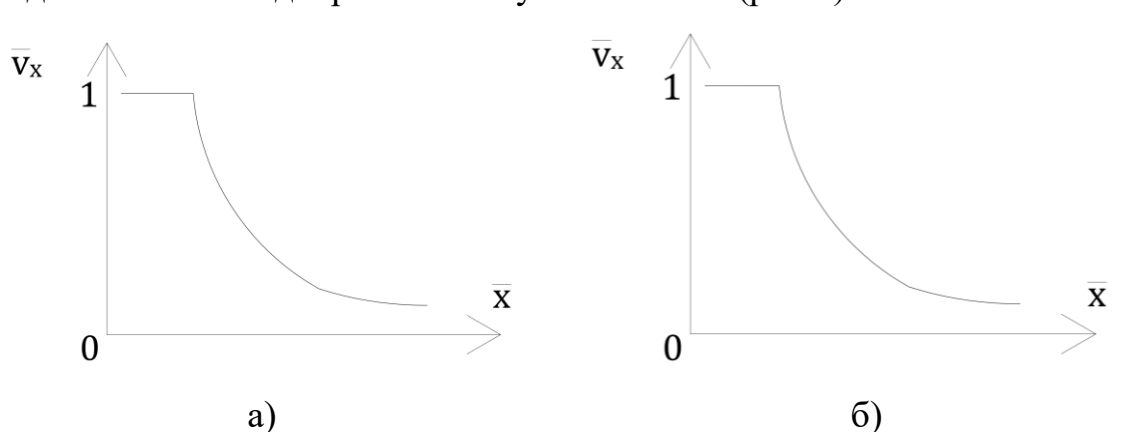


Рис.2. Залежність а) $\bar{v}_y = f(y)$ та б) $\bar{v}_x = f(x)$ для плоского струменю лінійного щілинного дифузору.

Відповідно до рисунку 2 можна зробити висновок, що:

- повітряний потік турбулізується належним чином, затухання швидкості в струмені відбувається інтенсивно.

- взаємодія струменів на виході з пристрою призводить до більш різкого зменшення осової швидкості припливного струменя на 10 – 20 % залежно від поточної координати в порівнянні зі звичайними повітророздаючими решітками.

- жалюзійні лінійні щілинні дифузори дозволяють забезпечити подачу необхідної кількості припливного повітря в приміщення малого об'єму без створення протягів.

- Особливість конструкції пристрою спричинює специфічний профіль швидкості в поперечному перерізі струменя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Borowski, M., Zwolińska, K., & Halibart, J. (2023). Air Distribution Assessment-Ventilation Systems with Different Types of Linear Diffusers. https://www.aivc.org/sites/default/files/1_C28.pdf
2. Branny M., Karch M., Borowski M. (2016). Experimental analysis of the velocity field of the air flowing through the swirl diffusers. J. Phys.: Conf. Ser. 745:1-9.
3. Myroniuk, K., Voznyak, O., Savchenko, O., Sukholova, I., Dovbush, O. (2024). Attenuation Coefficients of the Air Distributor with the Interaction of Opposing Non-coaxial Air Jets. In: Blikharsky, Z., Zhelykh, V. (eds) Proceedings of EcoComfort 2024. EcoComfort 2024. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 604. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8_35
4. P. Kapalo, A. Sedláková, D. Košicanová, O. Voznyak, J. Lojkovics, and P. Siroczki (2014) “Effect of ventilation on indoor environmental quality in buildings,” in The 9th International Conference on Environmental Engineering, Selected Papers, Vilnius, Lithuania, May 22-23, CD 265.
5. Voznyak O., Spodyniuk N., Yurkevych Yu., Sukholova I., Dovbush O. (2020) Enhancing efficiency of air distribution by swirled-compact air jets in the

mine using the heat utilizators. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, No.5(179), p. 89 – 94

6. Voznyak, O., Savchenko, O., Spodyniuk, N., Sukholova, I., Kasynets, M., & Dovbush, O. (2022). Air distribution efficiency improving in the premises by rectangular air streams. Pollack Periodica, 17(3), 111-116. <https://doi.org/10.1556/606.2021.00518>

7. Voznyak, O., Sukholova, I., Spodyniuk, N., Kasynets, M., Savchenko, O., Dovbush, O., & Datsko, O. (2023). Enhancing of ventilation efficiency of premise due to linear diffuser. Pollack Periodica, 18(2), 107-112. <https://doi.org/10.1556/606.2023.00750>

8. Voznyak O. (2020) Experiment Planning and Optimization of Solutions in Ventilation Technology. Monograph – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 220 p.

9. Возняк О.Т, Сухолова І.Є., Миронюк Х. В. Повітророзподіл закрученими струминами у приміщеннях малого об'єму Вісн. Нац. Ун-ту "Львівська політехніка".–Сер.: Теорія і практика будівництва.–Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка" 2011. Вип. 697. С. 60-62.

10. Сухолова, І., О. Возняк О., Миронюк Х. Повітророзподілення у приміщенні та створення динамічного мікроклімату. (2011).

11. Allmaras, S.R., Johnson, F.T., & Spalart, P.R. (2012). Modifications and clarifications for the implementation of the spalart-allmaras turbulence model ICCFD7-1902. 7th International Conference on Computational Fluid Dynamics, Hawaii.

ПОКРАЩЕННЯ ПОВІТРОРОЗПОДІЛУ ЗАКРУЧЕНИМ ПОВІТРЯНИМ СТРУМЕНЯМ *Orest Voznyak, Valentyn Bokhan*

У роботі досліджено процеси затухання швидкості в ізотермічному вільному закрученому струмені з метою вдосконалення методів керування аеродинамічними характеристиками потоків. Метою є інтенсифікація загасання швидкості у поданому повітрі ізотермічного вільного закрученого струменя, визначення коефіцієнта загасання та аналіз осьових швидкостей шляхом побудови їх профілів у поперечних перерізах. Для спрощення розрахунків введено коефіцієнт загасання швидкості "m". Визначено коефіцієнт затухання, проведено аналіз розподілу осьових швидкостей, а також побудовано їх графіки. Виконано аналіз розподілу осьових швидкостей повітря. Запропоновано раціональний метод визначення відносного показника швидкості. Для опису взаємозв'язку між гравітаційними та інерційними силами обрано критерій Архімеда, а для опису профілю швидкості запропоновано математичну модель Шліхтінга. Отримані результати подано у вигляді графічних залежностей, а також аналітичних рівнянь із введенням коригувальних коефіцієнтів. Здійснено порівняння експериментальних даних із теоретичними моделями. Досліджено особливості турбулентних структур,

що формуються в процесі затухання. Розглянуто можливості регулювання динаміки струменя шляхом зміни вхідних параметрів. Порівняння експериментальних результатів із теоретичними моделями підтвердило їхню узгодженість, що свідчить про достовірність отриманих даних і їхній потенціал для застосування в технічних та промислових процесах. Отримані результати показали задовільну відповідність експериментальних даних із теоретичними розрахунками. Вони можуть бути використані для оптимізації процесів у різних технічних і промислових сферах, зокрема у вентиляційних системах, газодинамічних установках та енергетичних комплексах.

Вступ. Ефективний розподіл повітря у внутрішніх приміщеннях є важливим завданням для забезпечення комфортного мікроклімату, енергоефективності та стабільної роботи вентиляційних систем [1]. Традиційні методи подачі повітря не завжди забезпечують рівномірний розподіл потоків, що може призводити до утворення застійних зон або надмірної турбулентності [2]. Одним зі способів покращення повітророзподілу є використання закручених повітряних струменів. Такі струмені довше зберігають швидкість, покращують змішування повітряних мас і рівномірніше розподіляються в об'ємі приміщення. Завдяки цим властивостям закручені струмені можуть ефективно оптимізувати вентиляційні процеси в різних типах внутрішніх просторів [3]. Вивчення характеристик руху закрученого струменя допомагає краще зрозуміти закономірності його розвитку та розробити методи керування аеродинамічними властивостями. Це відкриває можливості для вдосконалення вентиляції, кондиціонування повітря та аеродинамічних процесів у промисловості [4].

Матеріали та метод. Формування плоских, осесиметричних і закручених струменів із пульсуючою швидкістю залежить від подачі припливного повітря як із відкритих, так і з екранованих отворів вентиляційної системи [5]. На характеристики струменя впливають різні фактори, зокрема поверхні, з якими він взаємодіє. Струмені без перешкод вважаються вільними, а ті, що зазнають впливу поверхонь, — обмеженими [6]. Струмінь класифікується як ізотермічний, якщо температура на виході відповідає температурі повітря в приміщенні, і як неізотермічний, якщо ці температури відрізняються [7]. Коли число Рейнольдса (Re) менше 2300, потік вважається ламінарним, тоді як значення понад 10 000 свідчить про турбулентність [8]. Ядро струменя є ділянкою потоку з постійною швидкістю та температурою. Точка O струменя розташована на певній відстані від виходу сопла вздовж його осі. Провівши прямі з цієї точки через межі виходу сопла, можна визначити зовнішні межі струменя [9].

На рис. 1 показано, що в зоні первинного формування струменя V_x (в неізотермічних струменях) поступово знижується осьова швидкість Δt_x , а також зменшується надлишкова температура, яка визначається як різниця між температурою повітря в струмені t_x та температурою в приміщенні t_{in} : $\Delta t_x = t_x - t_{in}$ [10].

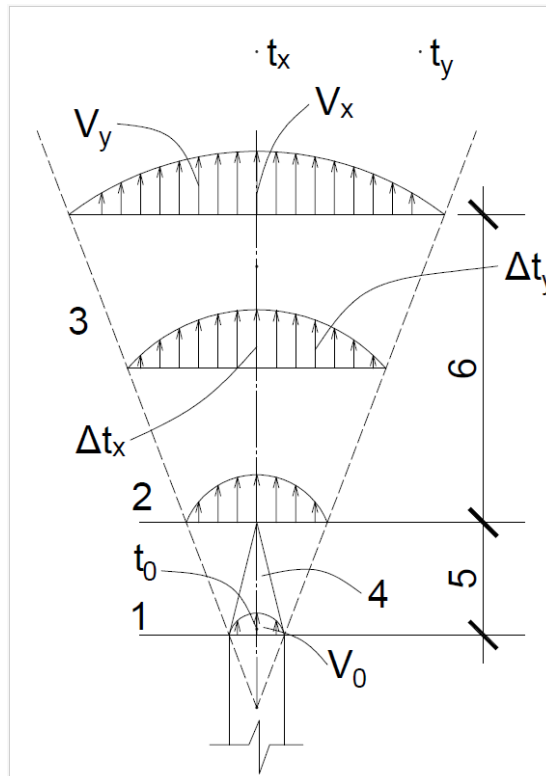


Рис. 1. Схема розвитку вільного повітряного струменя:
 1 – початковий переріз; 2 – перехідний переріз; 3 – межі струменя; 4 – ядро струменя; 5 – l_0 (початкова зона); 6 – l_x (основна зона).

Залежно від параметра Ar_0 припливні струмені класифікують як слабо неізотермічні (на які слабо впливають гравітаційні сили) та неізотермічні (що істотно залежать від гравітаційного впливу) [11].

Надлишкова температура $\Delta t_x = t_x - t_{in}$ (для горизонтально спрямованих слабо неізотермічних повітряних струменів) може бути розрахована за формулою (1):

$$\Delta t_x = \frac{N}{x}, \quad (1),$$

де x — поточна поздовжня координата [12]; N — теплова характеристика:

$$N = \frac{0,54}{\text{tg}\alpha} \sqrt{\frac{T_g}{T_o}} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\xi}} \cdot \Delta t_o \cdot \sqrt{F_o} \quad (2)$$

де α — кут розширення струменя, $\alpha = 12^\circ 25'$, при цьому $\text{tg}\alpha = 0.22$; ξ — коефіцієнт місцевого опору, $\xi = 1$; T_o — абсолютна температура на виході з насадки [13].

Для спрощення розрахунків вводиться коефіцієнт спадання температури n :

$$n = \frac{0,54}{\text{tg}\alpha} \sqrt{\frac{T_g}{T_o}} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\xi}} \quad (3),$$

Поздовжня надлишкова температура Δt_x визначається за [14]:

$$\Delta t_x = n \cdot \Delta t_o \cdot \frac{\sqrt{F_o}}{x} \quad (4)$$

На будь-якому перерізі «х», на відстані «у», надлишкова температура $\Delta t_\gamma = t_\gamma - t_v$ обчислюється за формулою Тейлора (5):

$$\Delta t_\gamma = \Delta t_x \cdot \exp(-0,7\sigma_T \bar{y}^{-2}) \quad (5)$$

де σ_T — турбулентне число Прандтля, $\sigma_T = 0.65 \div 0.7$ для компактних струменів; $\bar{y}$ це поточна поперечна координата, $\bar{y} = y/(c \cdot x)$, де $c = 0.28$ — експериментальна константа.

Раціонально використовувати відносні показники надлишкових температур, як поздовжніх $\Delta \bar{t}_x = \Delta t_x / \Delta t_o$ так і на будь-якому перерізі $\Delta \bar{t}_y = \Delta t_y / \Delta t_x$ [15].

Метою є інтенсифікація спаду швидкості в подаючому повітрі ізотермічного вільного закрученого струменя, визначення коефіцієнта спадання та аналіз поздовжніх швидкостей шляхом побудови їх профілів на перерізах.

Результати та обговорення

Для визначення поздовжньої швидкості V_x в ізотермічних повітряних струменях використовується рівняння (6):

$$V_x = \frac{M}{x}, \quad (6)$$

де x — поточна поздовжня координата; M — динамічна характеристика, що розраховується за формулою:

$$M = \frac{0,66}{\operatorname{tg} \alpha} \sqrt{\frac{T_e}{T_o}} \cdot \sqrt[4]{\xi} \cdot V_o \cdot \sqrt{F_o}, \quad (7)$$

де α — кут розширення струменя, $\alpha = 12^\circ 25'$, при цьому $\operatorname{tg} \alpha = 0.22$; ξ — коефіцієнт місцевого опору, $\xi = 1$; T_o , T_{in} — абсолютні температури на виході з насадки та в приміщенні відповідно; V_o — початкова швидкість (м/с); F_o — площа подаючої насадки (м²).

Для спрощення розрахунків вводиться коефіцієнт спадання швидкості m :

$$m = \frac{0,66}{\operatorname{tg} \alpha} \sqrt{\frac{T_{in}}{T_o}} \cdot \sqrt[4]{\xi}. \quad (8)$$

Поздовжня швидкість V_x визначається за формулою:

$$V_x = m \cdot V_o \cdot \frac{\sqrt{F_o}}{x}. \quad (9)$$

На будь-якому перерізі «х», на відстані «у» від осі, швидкість V_y обчислюється за формулою Шліхтінга:

$$V_y = V_x \left[1 - \left(\frac{y}{y_b} \right)^{1,5} \right]^2. \quad (10)$$

Для поздовжніх $\bar{V}_x = V_x / V_o$ та поперечних значень швидкості $\bar{V}_y = V_y / V_y$ доцільно використовувати відносні показники швидкості. У цьому випадку:

$$\bar{V}_x = \frac{0,48}{\frac{ax}{de} + 0,145}, \quad (11)$$

де $a = 0,078$; d_e — еквівалентний діаметр насадки.

Число Архімеда Ar_o описує співвідношення між гравітаційними та інерційними силами:

$$Ar_o = \frac{g \sqrt{F_o} \cdot \Delta t_o}{V_o^2 \cdot T_{in}}, \quad (12)$$

де $g = 9.81 \text{ m/s}^2$; F_o — площа насадки (m^2); Δt_o — початкова надлишкова температура, $\Delta t_o = t_o - t_v$ (K); T_v — абсолютна температура повітря в приміщенні (K); V_o — початкова швидкість (м/с).

Для розрахунків використовувався термоелектричний анемометр testo-405. Була виміряна початкова швидкість V_o . Вибравши значення x_i у діапазоні $0.7 \div 2.2$, відносні швидкості були обчислені за формулою (11) для відповідних струменів, після чого побудовано графіки, де $\bar{V}_x = f(\bar{x})$, where $\bar{x} = x/\sqrt{F_o}$.

На рис. 2 показано задовільну відповідність отриманих експериментальних результатів теоретичним даним.

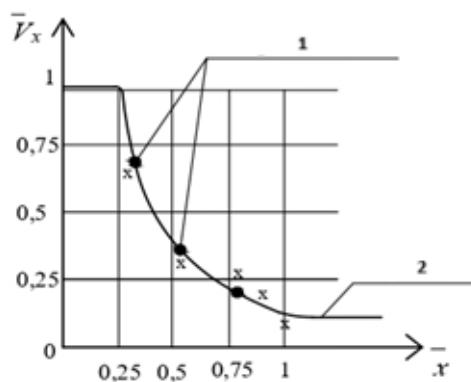


Рис. 2. Залежність відносної поздовжньої швидкості від відносної поздовжньої координати.

$\bar{V}_x = f(x)$: де 1 – експериментальні точки; 2 – графічна залежність.

Висновки

1. Дослідження спаду швидкості в ізотермічному вільному закрученому повітряному струмені надало цінні дані для покращення методів контролю аеродинамічних характеристик повітряних потоків.

2. Була проаналізована розподільність поздовжніх швидкостей.

3. Порівняння експериментальних результатів з теоретичними моделями підтвердило їх узгодженість, що свідчить про надійність отриманих даних та їх потенційне застосування в технічних і промислових процесах.

Список літератури

1. Allmaras, S.R., Johnson, F.T., & Spalart, P.R. (2012). *Modifications and clarifications for the implementation of the spalart-allmaras turbulence model*

ICCFD7-1902. 7th International Conference on Computational Fluid Dynamics, Hawaii. https://www.iccfd.org/iccfd7/assets/pdf/papers/ICCFD7-1902_paper.pdf.

2. Dovhaliuk, V. et al. (2018). Simplified analysis of turbulence intensity in curvilinear wall jets. *FME Transactions*, 46, 177–182. doi.org/10.5937/fmet.1802177D.

3. Dovhaliuk, V., & Mileikovskiy, V. (2018). New approach for refined efficiency estimation of air exchange organization. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 7(3.2), 591-596. doi:[10.14419/ijet.v7i3.2.14596](https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.2.14596).

4. Kapalo, P., Sedláková, A., Košicanová, D., Voznyak, O., Lojkovics, J., & Siroczki P. (2014). *Effect of ventilation on indoor environmental quality in buildings. The 9th International Conference "Environmental Engineering"*, Vilnius, Lithuania SELECTED PAPERS, eISSN 2029-7092/eISBN 978-609-457-640-9.

5. Lorin, E., Benhajali, A., & Soulaïmani, A. (2007). Positivity Preserving Finite Element-Finite Volume Solver for The Spalart-Allmaras Turbulence Model. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 196, No 17–20, 2097–2116. DOI:[10.1016/j.cma.2006.10.009](https://doi.org/10.1016/j.cma.2006.10.009).

6. Kapalo, P., Vilceková, S., Domnita, F., Bacotiu, C., & Voznyak, O. (2017). *Determining the Ventilation Rate inside an Apartment House on the Basis of Measured Carbon Dioxide Concentrations. The 10-th International Conference "Environmental Engineering"*, Vilnius, Lithuania, Selected Papers, 30 – 35. DOI:[10.3846/enviro.2017.262](https://doi.org/10.3846/enviro.2017.262)

7. Kapalo, P., Vilcekova, S., & Voznyak, O. (2014). Using experimental measurements the concentrations of carbon dioxide for determining the intensity of ventilation in the rooms. *Chemical Engineering Transactions*, 39, 1789–1794. DOI:[10.3303/CET1439299](https://doi.org/10.3303/CET1439299)

8. Andersson, H., Cehlin, M., & Moshfegh, B. (2018). Experimental and numerical investigations of a new ventilation supply device based on confluent jets. *Building and Environment*, Vol. 137, 18–33. DOI:[10.1016/j.buildenv.2018.03.038](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.038)

9. Bin, Z., Xianting, L., Qisen, Y. Zh. (2003). A simplified system for indoor airflow simulation. *Building and Environment*, Vol. 38, 543–552. DOI:[10.1016/S0360-1323\(02\)00182-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00182-8)

10. Gumen, O., Dovhaliuk, V., & Mileikovskiy, V. (2019). Geometric representation of turbulent macrostructure in 3D jets. *ICGG 2018, Proceedings of the 18-th International Conference on Geometry and Graphics*, 739-745. doi:[10.1007/978-3-319-95588-9_61](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95588-9_61).

11. Gumen, O. et al. (2017). Geometric analysis of turbulent macrostructure in jets laid on flat surfaces for turbulence intensity calculation. *FME Transaction*, 45, 236-242. doi:[10.5937/fmet1702236G](https://doi.org/10.5937/fmet1702236G).

12. Janbakhsh, S., & Moshfegh B. (2014). Experimental investigation of a ventilation system based on wall confluent jets. *Building and Environment*, Vol. 80, 18-31. DOI:[10.1016/j.buildenv.2014.05.011](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.011)

13. Rumsey, C.L., & Spalart P.R. (2009). Turbulence Model Behavior in Low

Reynolds Number Regions of Aerodynamic Flowfields. *AIAA Journal*, Vol. 47, No 4, 982–993. DOI:[10.2514/1.39947](https://doi.org/10.2514/1.39947)

14. Srebric, J., & Chen, Q. (2002). Simplified Numerical Models for Complex Air Supply Diffusers. *HVAC&R Research*, 8(3), 277–294. DOI:[10.1080/10789669.2002.10391442](https://doi.org/10.1080/10789669.2002.10391442)

15. Voznyak, O., Korbut V., Davydenko B., & Sukholova I. (2019). Air distribution efficiency in a room by a two-flow device. *Springer, Proceedings of CEE 2019. Advances in Resource-saving Technologies and Materials in Civil and Environmental Engineering*, Vol. 47, 526–533. DOI:[10.1007/978-3-030-27011-7_67](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_67)

ДИНАМІКА ВІНОСНИХ ВОДНИХ ПОТОКІВ В ОБОРОТНИХ СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖЕННЯ

Валерій Гаєвський¹, Віктор Філіпчук¹, Олександр Сироватський²

¹Національний університет водного господарства та природокористування, Україна, v.r.haievskyi@nuwm.edu.ua, v.l.fylypchuk@nuwm.edu.ua

²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна, oleksandr.syrovatskyi@kname.edu.ua

Оборотні системи охолодження (ОСО) відносяться до ресурсозберігаючих екологічних систем [1, 2]. Хоча ОСО дають можливість економити водні ресурси але з точки зору екологічного контролю необхідно робити оцінку водного сліду таких систем [3]. Такий водний слід ОСО входить як важлива складова загальних витрат води підприємства і є одним із найбільш водоемких структурних одиниць підприємства [4].

Метою роботи є встановити співвідношення, які дали б можливість оцінити водний слід ОСО. Для досягнення мети було встановлено рівняння для розрахунку водних виносних потоків, що включають в себе продувку і краплинний виніс оборотної води і виконані відповідні лабораторні дослідження для підтвердження отриманих співвідношень.

Ціль лабораторного експерименту – імітувати водообмін в ОСО без врахування випаровування, перевірити модель концентрування розчинних солей і визначити значення виносних потоків (продувку та краплинний виніс). В основу лабораторного експерименту покладено припущення, що неперервні вхідні і вихідні потоки можна замінити багаторазовим дискретним водообміном (рис.1).

В експерименті контролювали зміну концентрації солі NaCl у базовому незмінному об'ємі при багаторазовому водообміні. Для побудови моделі, використаємо принцип сумування вхідних та вихідних потоків із даного об'єму, що базується на основі балансу мас і тоді в загальному вигляді запишемо:

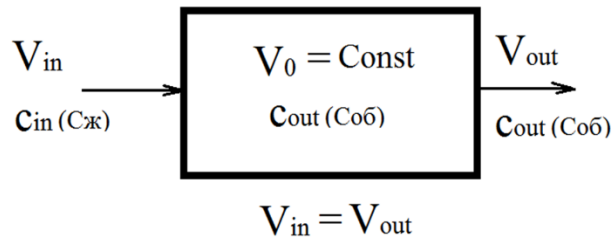


Рис. 1. Схема експерименту по визначенню динаміки розчинної солі в об'ємі V_0 в процесі водообміну V_{out} на V_{in} . $c_{ж}$ – концентрація розчинної солі в живильній воді; $c_{об}$ – концентрація розчинної солі в оборотній воді.

$$\frac{dM_{об}}{dt} = \sum_{i=1}^k a_i(t) \cdot f_i(t) - \sum_{i=1}^n b_i(t) \cdot g_i(t), \quad (1)$$

де $M_{об}$ – маса компонента в оборотній воді; $a_i(t)$ – кінетичний коефіцієнт i -го вхідного потоку; $f_i(t)$ – функції, що визначають значення концентрацій компонента у i -му вхідному потоці в даний момент часу; $b_i(t)$ – кінетичний коефіцієнт i -го вихідного потоку; $g_i(t)$ – функції, що визначають значення концентрацій компонента у i -му вихідному потоці в даний момент часу. У найпростішому випадку $f_i(t)$ і $g_i(t)$ можуть бути концентраціями компонента, $a_i(t)$ і $b_i(t)$ визначають відповідно вхідні і вихідні потоки даного компонента. Тоді, вхідним потоком компонента є потік в об'ємі живильної води і відповідно $a_1 = Q_{ж}$, а $f_1(t)$ – концентрація одного із компонентів розчинної солі (наприклад, Cl^-) у живильній воді тобто $f_1(t) = c_{ж}(t)$. З врахуванням вищесказаного, запишемо:

$$\sum_{i=1}^k a_i \cdot f_i(t) = Q_{ж} \cdot c_{ж}(t) \quad (2)$$

Для вихідних потоків, згідно рис. 2 запишемо:

$$\sum_{i=1}^n b_i \cdot g_i(t) = Q_{ск} \cdot c_{об} + Q_{кр} \cdot c_{об} + Q_{вип} \cdot c_{об}(t) + Q_{втр} \cdot c_{об}(t). \quad (3)$$

Враховуючи, що

$$M = c \cdot V_0, \quad V_0 = Q \cdot T \quad \text{та} \quad q_i = \frac{Q_i}{Q_{об}}, \quad (4)$$

де T – період циркуляції, запишемо:

$$\frac{dc_{об}}{dt} = \frac{1}{T} [q_{ж}(t) \cdot c_{ж}(t) - (q_{кр}(t) + q_{пр}(t)) \cdot c_{об}(t)], \quad (5)$$

де q – потоки, виражені в долях одиниці від витрати охолоджувальної води (Q).

Позначивши:

$$p(t) = \frac{1}{T} (q_{кр}(t) + q_{пр}(t)) \quad \text{та} \quad r(t) = \frac{1}{T} (q_{ж}(t) \cdot c_{ж}(t)), \quad (6)$$

запишемо диференціальне рівняння процесу водообміну

$$\frac{dc_{об}}{dt} + p(t) \cdot c_{об} = r(t). \quad (7)$$

Розв'язок рівняння (7) має вигляд [5]:

$$c_{об}(t) = \frac{1}{\exp(\int p(t)dt)} \cdot (\int r(t) \cdot \exp(\int p(t)dt)dt + C). \quad (8)$$

Константу C у (8) вибираємо з початкових умов, ввівши коефіцієнт концентрування (k) у вигляді [1]:

$$k(t) = \frac{c_{об}(t)}{c_{ж}(t)}. \quad (9)$$

Тоді, з урахуванням (9), початкові умови запишемо у вигляді:

$$c_{об}(0) = k(0) \cdot c_{ж}(0). \quad (10)$$

На думку авторів, умова (10) є найбільш загальною, враховує довільні (фізично значимі) початкові значення коефіцієнта концентрування ($k(0) < 1$, $k(0) > 1$, $k(0) = 1$). З врахуванням (9), а також враховуючи, що для нашого випадку $q_{вип} = \text{const1}$, $q_{кр} = \text{const2}$, $q_{пр} = \text{const3}$, отримаємо вираз для константи інтегрування

$$C = (k(0) - k_{\infty}) \cdot c_{ж}(0), \text{ де} \quad (11)$$

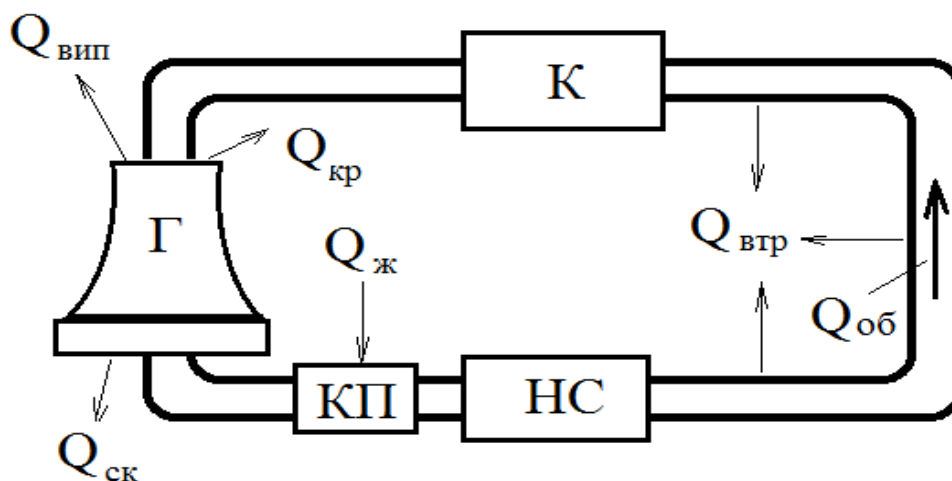


Рис. 2. Схема оборотної системи охолодження з градирнями. Г- градирня; КП – камера прийому живильної води; НС – насосна станція; К – конденсатор; $Q_{об}$, $Q_{вип}$, $Q_{кр}$, $Q_{ск}$, $Q_{ж}$, $Q_{втр}$ – потоки: об – оборотної води; вип – випаровування; кр – краплинного виносу; ск – скидні (продувка); ж – живлення; втр – інші втрати (на технологічні потреби, на очисних спорудах, на фільтрацію).

$$\frac{q_{вип} + q_{кр} + q_{пр}}{q_{кр} + q_{пр}} = k_{\infty} \quad (12)$$

і k_{∞} називається граничним коефіцієнтом концентрування [1]. Із (8), враховуючи (11) запишемо вирази для концентрування розчинних солей у воді ОСОВ, що має вигляд:

$$c_{об}(t) = k_{\infty} \cdot c_{ж} + (k(0) - k_{\infty}) \cdot c_{ж} \cdot \exp\left(-\frac{q_{кр} + q_{пр}}{T} \cdot t\right). \quad (13)$$

Із (12) та (13) динаміка коефіцієнта концентрування для постійних потоків води ОСО буде мати вигляд:

$$k(t) = k_{\infty} + (k(0) - k_{\infty}) \cdot \exp\left(-\frac{q_{кр} + q_{пр}}{T} \cdot t\right). \quad (14)$$

Із (14) видно, що вираз для розрахунку виносних потоків ($q_{кр} + q_{пр}$) у лінеаризованій формі буде таким:

$$\ln\left(\frac{k(0)-k_{\infty}}{k(n)-k_{\infty}}\right) = (q_{кр} + q_{пр}) \cdot n, \quad (15)$$

де t/T – кількість оборотних циклів (кількість дискретних водообмінів у наших лабораторних експериментах). Із (15) видно, що кут нахилу в залежності $\ln\left(\frac{k(0)-k_{\infty}}{k(n)-k_{\infty}}\right)$ (на рис. 3 позначено як «у») від n буде рівний значенню виносних потоків (краплинного виносу та продувки).

На основі кондуктометричних вимірювань з точністю, що не перевищує $\pm 4\%$ експериментально перевірена модель динаміки розчинних солей у воді ОСО і запропонована формула для визначення виносних потоків (продувки та крапельного виносу) при умові стаціонарності водообмінних потоків і стаціонарності циркуляційного потоку.

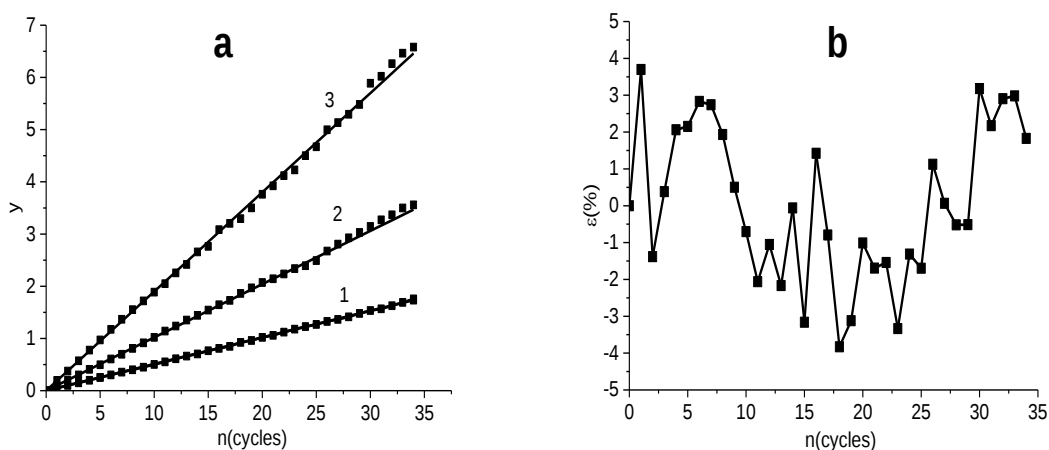


Рис. 3. Лінеаризована форма залежності (14) у вигляді (15) для експериментального визначення виносних потоків (продувки та краплинного виносу) для різних їх значень: 1 – 5%; 2 – 10%; 3 – 20% (а) та найбільша відносна похибка для досліді з виносними потоками 20% (б).

ЛІТЕРАТУРА

1. Кучеренко Д.И. Обратное водоснабжение. (Системы водяного охлаждения). / Д. И. Кучеренко, В. А. Гладков. - М.: Стройиздат, 1980. – 169 с.
2. Гаєвський В.Р., Кочмарський В.З. Підвищення ефективності оборотних систем охолодження мінімізацією кальцій-карбонатних відкладень. Монографія. НУВГП. Рівне, 2018. – 154 с.
3. Yann Bouchery, Charles J. Corbett, Jan C. Fransoo, and Tarkan Tan. (2017) Sustainable Supply Chains. Springer.
4. Aquaprox, 2009. Treatment of Cooling Water. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

5. Granino A. Korn, Theresa M. Korn Mathematical. Handbook for Scientists and Engineers: Definitions, Theorems, and Formulas for Reference and Review. Dover Publications 2013.

ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО ДЛЯ НАЦІОНАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ПАРКІВ НА ПРИКЛАДІ НПП «ВИЖНИЦЬКИЙ»

Наталя Галущенко

*Національний природний парк «Вижницький», науковий співробітник,
n.galushenko@gmail.com*

Сучасні виклики зміни клімату та деградації природних ландшафтів зумовлюють необхідність переосмислення підходів до облаштування інфраструктури у природоохоронних територіях.

Національний природний парк «Вижницький» знаходиться на півдні Чернівецької області, у межах Вижницького району, в межиріччі Черемошу і Сірету та уособлює природу низькогірної зони Буковинських Карпат. Абсолютні відмітки над рівнем моря коливаються від 340 до 1019 метрів. На сьогоднішній день загальна територія Парку складає 11369 гектарів, з них 2153 га – заповідна зона.

Більше 90% території національного парку вкрито лісами (рис. 1) із значною перевагою деревостанів ялиці білої, бука звичайного, ялини європейської та різноманіттям рослин, тварин і грибів.



Рис. 1. Краєвиди національного природного парку «Вижницький»

Національний природний парк «Вижницький» існує з 1995 року основними напрямками його діяльності є охорона природи, науково-моніторингові дослідження, екотуризм, еколого-освітня діяльність.

Територія Парку включає багате георізноманіття: дивовижні скельні утворення, гірські відслонення, цілющі мінеральні джерела, в тому числі є унікальні за своїм хімічним складом, долини річок та гори з дивовижними краєвидами, які відкриваються з їхніх вершин. До уваги відвідувачів наявні гідрологічні, історичні пам'ятки, розроблені 10 еколого-туристичних маршрутів, 1 автопішохідний маршрут, 3 пізнавальні екологічні стежки. Загальна протяжність всіх маршрутів складає 166,5 кілометрів.

На території парку розташована унікальний скельно-сакральний комплекс епохи неоліту (рис. 2), релігійна пам'ятка часів язичництва, що робить його дуже привабливим для відвідування.



Рис. 2. Елемент скельно-сакрального комплексу епохи неоліту – голова риби (черепахи)

У Парку вже реалізовано кілька прикладів екологічного будівництва — дерев'яні рекреаційні пункти, туристичні притулки, інформаційні стенди, які побудовані з мінімальним впливом на середовище та з урахуванням традиційної гуцульської архітектури. На території парку облаштовані рекреаційні пункти та площадки (рис. 3-4), є 2 рекреаційних будинки з усіма зручностями (рис. 5).



Рис. 3. Альтанка на воді в урочищі «Розчищ» у НПП «Вижницький»



Рис. 4. Альтанка для відпочинку в урочищі Лужки у НПП «Вижницький»



Рис. 5. Будиночок для проживання відвідувачів

Важливим напрямом роботи Парку є створення екологічних стежок, які супроводжуються елементами інфраструктури з натуральних матеріалів: стенди, дерев'яні мости, лави, оглядові вежі, навіси для відпочинку, які вписуються в ландшафт без його порушення (рис. 6).



Рис. 6. Приклад стенда з натуральних матеріалів, який гармонійно вписується в природній ландшафт

Зростаюча кількість відвідувачів, дослідників, волонтерів вимагає облаштування сучасної інфраструктури з мінімальним антропогенним навантаженням. Значно збільшити рекреаційну привабливість парку могло би зелене будівництво, а саме облаштування на території Парку мережею енергоефективних будинків для туристів та дослідників природи, облаштованих сонячними батареями, вітрогенераторами, рециклізацією дощової води для санітарно-побутових потреб, тощо.

Зелене (екологічне) будівництво — це концепція проектування та зведення будівель з урахуванням мінімізації впливу на довкілля. Основні принципи включають:

- використання відновлюваних ресурсів;
- енерго- та водозбереження;
- низький вуглецевий слід;

- збереження біорізноманіття;
- інтеграція у природний ландшафт.

У майбутньому зелена архітектура може включати:

- еко-будиночки для туристів на принципах «пасивного будинку»,
- навчальні центри з екологічного будівництва,
- інфраструктуру з можливістю розбору та переносу без шкоди для природи.

Особливе значення має залучення місцевих майстрів до реалізації проектів, що дозволяє зберігати традиційні ремесла, формує локальну економіку та зміцнює зв'язок громади з природоохоронною діяльністю.

Організація екологічного туризму на природоохоронних територіях потребує врахування багатьох практико-орієнтованих аспектів, які забезпечують баланс між рекреаційною діяльністю, збереженням природного середовища та залученням місцевих громад. Екологічний туризм — це відповідальний вид туризму, орієнтований на збереження природного середовища, біорізноманіття та культурної спадщини, що одночасно сприяє підвищенню екологічної свідомості туристів і розвитку місцевих громад.

НПП «Вижницький» демонструє потенціал для розвитку як центру сталого екотуризму, де зелене будівництво може стати не лише практичним інструментом охорони природи, а й освітньою платформою для відвідувачів. Ширше застосування екологічних підходів у будівництві сприятиме збереженню природного середовища та формуванню нового стилю мислення.

Зелене будівництво в межах національних природних парків, таких як НПП «Вижницький», — це не лише інженерна або архітектурна практика, а й філософія взаємодії людини з природою. Поеднання традиційної культури, екологічного підходу та сучасних технологій відкриває нові можливості для сталого туризму та збереження природної спадщини.

УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Галіяс Дар'я

Маріупольський державний університет

galiasdasha@gmail.com

У сучасних умовах трансформації економіки та зростання значення екологічної безпеки, будівельна галузь дедалі активніше орієнтується на принципи сталого розвитку. Одним із ключових напрямів цього процесу є «зелене» будівництво — підхід, що передбачає зниження негативного впливу на довкілля за рахунок використання енергоефективних, екологічно чистих матеріалів, зменшення викидів вуглецю та ощадливого використання ресурсів. Проте впровадження таких практик вимагає не лише технічної модернізації, а й адаптації організаційного управління, зокрема в частині управління людськими ресурсами.

Екологізація діяльності підприємств зумовлює потребу в оновленні кадрової політики, оскільки реалізація «зелених» ініціатив на пряму залежить від рівня екологічної обізнаності, мотивації та залученості персоналу. В умовах переходу до сталих практик ефективного управління людськими ресурсами має поєднувати традиційні інструменти менеджменту з новими підходами, орієнтованими на екологічні цінності. Такий підхід вже отримав назву «зелене управління людськими ресурсами» (Green HRM) — концепція, що інтегрує екологічну складову у всі функції HR: від підбору персоналу до оцінювання результативності, навчання, мотивації та розвитку корпоративної культури.

Дослідження, проведене Цимбалюк С.О. та Ковтун О.А. [1], підтверджує: понад 95% респондентів підтримують впровадження екологічних практик в HR-процеси. Серед ефективних інструментів було виокремлено екотренінги, включення екологічних вимог до посадових інструкцій та стимулювання працівників за екологічні ініціативи. Водночас, лише близько 18% організацій системно реалізують подібні заходи.

Наразі будівельна галузь України зіштовхується з гострим кадровим дефіцитом. За даними опитування девелоперів 2023 року [2], брак кваліфікованих працівників у деяких компаніях досягає 50%. Найбільш затребуваними залишаються бетонники, арматурники, електрики. Причинами такої ситуації є як демографічні фактори, так і наслідки війни, включаючи мобілізацію та міграцію.

Щоб успішно інтегрувати «зелені» практики в діяльність будівельних компаній, HR-служби повинні адаптувати свої стратегії. Це, зокрема, включає розробку програм професійного навчання з екологічним ухилом, співпрацю з профільними закладами освіти, перегляд систем оцінювання персоналу з урахуванням екологічних KPI, формування екологічно орієнтованої корпоративної культури. Крім того, слід активізувати внутрішню комунікацію, щоб зробити екологічну відповідальність частиною щоденної роботи кожного співробітника.

У цьому контексті управління людськими ресурсами стає не просто адміністративною функцією, а стратегічним інструментом підтримки інновацій, зростання конкурентоспроможності компанії та забезпечення сталого розвитку будівельної галузі. Важливо, що успішне запровадження «зелених» практик сприяє не лише покращенню іміджу організації, а й реальному підвищенню її ефективності та соціальної відповідальності.

Нижче наведено графік, що ілюструє динаміку зростання кількості «зелених» будівельних проєктів в Україні за останні роки (рис.1)

Іншою важливою складовою «зеленого» управління персоналом є екологічне навчання та розвиток працівників. Організації мають формувати екологічну компетентність своїх працівників, яка включає знання про вплив будівельної діяльності на довкілля, навички з оптимального використання ресурсів, а також мотивацію до дотримання принципів сталого розвитку. Згідно з даними дослідження Deloitte (2023), компанії, які впроваджують

систематичне екотренінгування, демонструють на 23% вищий рівень залученості працівників.

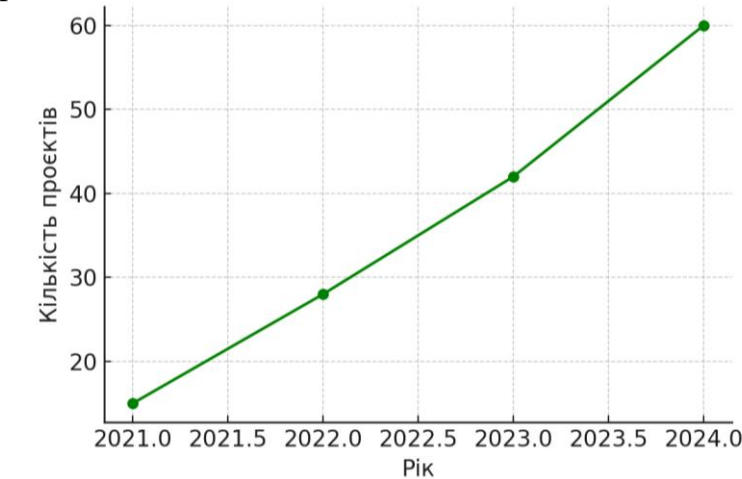


Рис. 1 Зростання кількості зелених будівельних проєктів

Крім того, в умовах глобального потепління, зміни клімату та нових екологічних стандартів (наприклад, сертифікація LEED, BREEAM [5]), фахівці з управління персоналом мають інтегрувати ці вимоги у процеси кадрового планування. Впровадження «зелених» стандартів повинно охоплювати всі етапи життєвого циклу працівника в компанії: від рекрутингу до звільнення. Це, зокрема, означає формування екологічно орієнтованого іміджу роботодавця, що сприяє залученню мотивованих кандидатів, а також розробку систем оцінювання.

Ще одним перспективним напрямом є цифровізація HR-процесів, що дозволяє скоротити використання паперових носіїв, автоматизувати рутинні операції, оптимізувати процеси комунікації та зменшити вуглецевий слід організації. У будівельній галузі це особливо актуально в контексті контролю за охороною праці, веденням електронних журналів техніки безпеки, навчанням у форматі e-learning тощо.

З метою систематизації даних, нижче подано узагальнюючу таблицю основних напрямів «зеленого» HRM у будівництві (табл.1)

Таблица 1

Основні напрями «зеленого» HRM у будівництві

Напря́м «зеленого» HRM	Зміст	Очікуваний результат
Екологічний рекрутинг	Врахування екологічних цінностей при відборі кандидатів	Підвищення залученості працівників до «зелених» ініціатив
Екотренінги	Навчання працівників принципам сталого розвитку	Формування екологічної компетентності
Стимулювання екодружньої поведінки	Запровадження бонусів за екологічні ініціативи	Зменшення споживання ресурсів
Цифровізація HR-процесів	Перехід на електронні документи та комунікацію	Скорочення викидів CO ₂ , економія ресурсів

Оцінювання екологічних КРІ	Включення екологічних показників в оцінку результативності працівників	Підвищення відповідальності персоналу
----------------------------	--	---------------------------------------

ЛІТЕРАТУРА

1. Цимбалюк С.О., Ковтун О.А. «Зелене» управління людськими ресурсами: вплив екологічних практик на діяльність організації // Бізнес Інформ. – 2022. – №11. – С. 250–256.
2. Дефіцит професійних кадрів на будмайданчиках в Україні — до 50%: опитування девелоперів // Економічна правда. – 2023. – 8 листопада. – URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/11/8/707428/>
3. В Україні зростає кількість зелених проєктів будівництва // ProfBuild. – 2024. – 27 серпня. – URL: <https://profbuild.ua/news/green-building-2024>
4. Deloitte. Sustainable Workforce Report 2023: Linking Green Learning with Employee Engagement. – 2023. – URL: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/about-deloitte/articles/sustainable-workforce-report.html>
5. BREEAM and LEED: Green Building Certifications. – World Green Building Council. – URL: <https://worldgbc.org/green-certifications/>

ДОСВІД УКРАЇНСЬКИХ МІСТ У ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РИЗИКІВ

Роман Гамоцький, Тетяна Кривомаз

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
roman.gamotskii@gmail.com, kryvomaz.ti@knuba.edu.ua*

Єдина енергетична система України була побудована як централізована структура з великими вузловими електростанціями та системою передачі електроенергії з високовольтними лініями. У воєнний час така конфігурація виявилася вразливою до цілеспрямованих атак противника на енергосистему, оскільки практично неможливо забезпечити захист великих електростанцій. Перша хвиля атак у 2022 році була зосереджена на системі передачі, потім акцент перемістився на традиційні електростанції. Перебої в електропостачанні є суттєвими, особливо враховуючи, що попит на електроенергію вже знизився на 20% порівняно з довоєнним рівнем через зниження економічної активності та втрату територій через окупацію. Приблизно 35% загальних потужностей частково або повністю зруйновано, і така ж кількість розташована на нині окупованих територіях, таким чином Україна втратила близько 70% потужностей з виробництва електроенергії від тих, які працювали до війни [1]. Пошкоджені потужності з виробництва енергії в Україні потребують максимального відновлення, а також збільшення імпорту та створення нових генеруючих потужностей.

Енергетичний сектор та комунальні послуги трансформуються для вирішення викликів енергетичної безпеки у воєнний час. В умовах постійних загроз ударів агресора по енергетичній системі України необхідно децентралізувати генерацію, щоб мережа продовжувала працювати навіть за умови пошкодження магістральних ліній та централізованих систем електропостачання. На різних етапах було розроблено низку сценаріїв розвитку єдиної енергетичної системи України. Для забезпечення надійності та сталості енергопостачання можна використовувати кілька стратегій диверсифікації, враховуючи різноманітність енергопостачання, виробництво на місці, накопичення енергії та управління попитом. Локальне виробництво енергії з можливістю зберігання в акумуляторах дозволяє оптимально використовувати власні ресурси та мінімізує залежність від зовнішніх постачальників. Для цього розподілена система генерації повинна відповідати низці технічних, економічних та організаційних вимог. Гнучкість є основою розвитку майбутніх енергосистем.

Впровадження муніципальних енергетичних планів (МПЕП) у місцевих громадах допомагає зміцнити стійкість громад до зміни клімату шляхом підвищення енергетичної незалежності та енергоефективності, а також зміцнення соціальної та економічної стабільності. Українські міста, які взяли участь у програмі «Pro Green Deal for Smart Cities» та впровадили МПЕП, досягли скорочення кількості спожитих мегават-годин (МВт·год) до 28% [2]. Це ілюструє важливість стратегічного планування та інвестицій в енергетику для досягнення скорочення споживання енергії в різних українських містах.

У Житомирській громаді масштабний проект модернізації будівель, що фінансується Європейським інвестиційним банком (ЄІБ), призвів до 40% скорочення витрат на опалення для мешканців [2]. Такі заходи не лише зменшують викиди парникових газів, але й підвищують здатність громад протистояти екстремальним погодним явищам. Енергетична безпека Житомира базується на власних ресурсах, модернізації теплових мереж, ефективному обладнанні для виробництва зеленої енергії, принципах циркулярної економіки та відході від природного газу. Житомирська міська адміністрація першою в Україні оголосила про плани щодо досягнення 100% використання відновлюваної енергії в комунальному секторі. Завдяки масштабній роботі з модернізації теплових мереж втрати тепла скоротилися у 5-6 разів порівняно з багатьма іншими містами України. Десять років тому Житомир споживав близько 100 мільйонів м³ природного газу на рік, але у 2022 році цей показник зменшився до 51 мільйона м³. Подальше заміщення газу дозволить скоротити його споживання на 90% до 2030 року, а у 2050 році – повністю відмовитися від викопного палива для опалення комунального сектору. Місту вже вдалося скоротити споживання газу на 50% завдяки переходу на використання власної сировини – біомаси, зокрема, деревної тріски та інших відходів деревообробки. Використання біомаси дозволить замінити до 6,4 мільйона м³ природного газу на рік. Водночас місто скоротить

викиди приблизно на 13 тисяч тон CO₂ щороку, а споживання електроенергії зменшиться до 8050 МВт·год на рік.

Долинська громада отримала грант від Північної екологічної фінансової корпорації (NEFCO) на модернізацію своєї системи централізованого теплопостачання, що призвело до 30% скорочення споживання енергії [2]. Цей проект спрямований на розробку децентралізованої інтелектуальної енергетичної системи, адаптованої до місцевих умов та потреб громад у місті Долина Івано-Франківської області. Запропонований проект зі створення стільникова енергетичної мережі (Cellular energy network, CEN) відповідає завданням модернізації енергетичного сектору України по впровадженню концепції «розумних мереж». Його метою є модернізація енергетичних мереж територіальних громад, підвищення їхньої надійності, ефективності та соціального добробуту місцевих жителів. Проект спрямований на вирішення географічних, політичних, економічних, соціальних, технічних, правових та екологічних вимог до нових та розумних місцевих енергетичних систем та їхньої ролі в енергетичному переході. Такий комплексний підхід передбачає підвищення стабільності системи енергопостачання територіальної громади України та можливість підвищення ефективності використання існуючих та нових розподілених генеруючих установок та накопичувачів енергії шляхом створення CEN. Реалізація цього проекту не лише сприятиме соціальному добробуту місцевих жителів, але й надає можливість вивчити та тиражувати розроблені концептуальні рішення по всій території України.

У Івано-Франківській області громада скоротила споживання енергії на 30% завдяки інтеграції ВДЕ та модернізації енергетичної інфраструктури [2]. Це не лише підвищило енергетичну незалежність, а й зміцнило економічну та соціальну стійкість громади. Подібний підхід було запроваджено у Львівській області, де кооперативна ініціатива з будівництва вітрової електростанції забезпечила громаду енергією та створила нові робочі місця. Такі ініціативи можуть слугувати каталізаторами розвитку підприємництва та створення нових бізнес-можливостей у регіоні.

У Вінницькій громаді програма «Енергоефективні будинки» включала серію семінарів та громадських зустрічей, у яких понад 500 мешканців обговорили методи енергозбереження та переваги відновлюваної енергії [2]. Ця ініціатива підвищила прозорість та підзвітність місцевої влади, а також сприяла підвищенню екологічної обізнаності та підтримці з боку мешканців. Такі освітні програми та інформаційні кампанії можуть мотивувати громадян до активної участі у впровадженні енергетичних стратегій, стимулюючи екологічно відповідальну поведінку.

Ці ініціативи не лише сприяють економічному розвитку громад та покращують якість життя мешканців, але й підтримують зусилля громад щодо зменшення їхньої залежності від викопного палива та збільшення частки ВДЕ. Тісна співпраця між різними зацікавленими сторонами, такими як місцева влада, енергетичні компанії, організації громадянського суспільства та інвестори, є життєво важливою для підготовки комплексного підходу до

вирішення місцевих енергетичних проблем. Ключовою тенденцією є зростаючий інтерес до інтеграції відновлюваних джерел енергії в енергетичні проекти, тоді як суттєвою перешкодою є відсутність доступу до фінансування для малих енергетичних проектів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nies S., Savytskyi O. 2024. Boosting Power Grid Integration with the EU Can Help Ukraine Survive the Next Winter. Ukrainian analytical digest, 9, 8-13. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000696570>

2. Loshakova Y., Schubert A. 2024. The Role of Municipal Energy Plans in Reducing Energy Consumption: Experiences from Participants in the Green Deal Ukraïna Pro Green Deal for Smart Cities Program. Ukrainian analytical digest, 9, 20-24. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000696570>

СТАЛИЙ РОЗВИТОК БУДІВЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ТА ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО

Тетяна Герасимик-Чернова,

ВСП «Любешівський ТФК ЛНТУ», t.gerasumuk@gmail.com

Постійні глобальні зміни клімату, що продиктовані серйозними ризиками, свідчать про значне виснаження ресурсів. Нераціональне ресурсовикористання пояснюється неекономним їх витрачанням і відчутне через навантаження на світову екосистему.

Об'єкти будівництва у всьому світі споживають близько 40% первинної енергії від загальної її кількості; вироблена електроенергія також використовується близько 40% від загалу; у кількості 14% усіх запасів експлуатується питна вода. І в той же час на будівництво припадає 35% усіх викидів вуглекислого газу; у цій галузі формується майже половина всіх твердих відходів міських територій.

Населення планети збільшується, і цей факт сприяє посиленню залучення природних ресурсів у сферу життєдіяльності людства та накопиченню всіх видів відходів. Підвищується потреба в будівлях та спорудах. У 1950 році планета була заселена 2,535 мільярдами людей, у 2000 році - 6,124 мільярдами осіб, а в 2050 р. передбачено збільшення населення землі до 9,191 млрд. осіб. Урбанізована територія планети у 1980 році становила 4,69 мільйона км², а в 2070 році ця територія, як передбачається, досягне 19 мільйонів км² (12,8% від загальної кількості земель і більше 20% земель, придатних для людства).

Зелене будівництво є системним підходом, що застосовується при проектуванні, облаштуванні й утриманні екологічних будинків, які є ресурсозберігаючими, максимально зручними та мінімально впливають на стан навколишнього природного середовища.

«Зелене будівництво» - ефективний інструмент забезпечення стабільності та розвитку території, на якій знаходиться будівельний об'єкт.

Концепція «зеленого будівництва», яка апелює такими поняттями, як: заощадження ресурсів та засобів; комфорт проживання; корисність характеристик об'єктів; довговічність експлуатації будівель, теорія та практика будівництва навколишнього природного середовища постійно доповнюється.

«Зелені будівлі» - це високоякісний результат будівництва, що забезпечує мінімізацію витрат та максимізацію комфорту. Зелені стандарти повинні сприяти прискореному переходу від традиційних форм проектування та побудови будівель та споруд до стійких та інноваційних.

З кінця дев'яностих років XX століття екологічна продукція будівельної галузі розроблялася для мінімізації антропогенного впливу на навколишнє середовище людської діяльності та для покращення якості життя населення.

На нашу думку, у теперішньому часі будівництво має відповідати зеленим стандартам. «Зелене» будівництво покликане вирішувати наступні завдання:

- зменшувати експлуатаційні витрати;
- знижувати обсяги утворення відходів та підвищувати ефективність їхньої утилізації;
- підвищувати ефективність використання природних ресурсів;
- забезпечувати безпеку і зменшувати негативний вплив на здоров'я людини при перебуванні у будівлі;
- зменшувати викиди в атмосферу газів, що спричиняють парниковий ефект;
- попереджати повені та зсуви ґрунту;
- збільшувати частки відновлюваних джерел енергії, яких потребують експлуатація та обслуговування будівель.

На даний час сприятливими є перспективи для розгортання екологічного будівництва в Україні. Це зумовлюється наступними причинами:

- курсом на інтеграцію в простір ЄС, у тому числі процесом переорієнтації на європейські стандарти будівництва й архітектури;
- енергетичною безпекою й тісно з нею пов'язаними питаннями енергозабезпечення новітніх будівель;
- зростанням професійного інтересу до «зеленого» будівництва в широкому загалі.

Сучасні інноваційні технології надають можливість максимально наблизити будівельний об'єкт до стандартів «зеленого» будівництва. Це стосується впровадження в будівельне виробництво зелених конструкцій - поєднання будівельних конструкцій і рослин; зелених покрівель, фасадних зелених блоків, вертикального озеленення, зелених парковок, озелених схилів. Застосування зелених конструкцій - перспективний напрямок «зеленого» будівництва, яке володіючи значним потенціалом буде актуальним при відновленні країни після активних військових дій. Але для впровадження різних видів зелених конструкцій необхідна відповідна нормативна база.

Система сертифікації екологічного будівництва визначається набором рейтингових інструментів, які застосовуються при оцінюванні будівлі або будівельного проекту з позиції ефективності, стійкості та впливу на довкілля. Існують типи сертифікатів стійкості для забудованого середовища, а саме: BREEAM, LEED, DGNB, Green Star, HQE, Living Building Challenge, Nordic Swan, WELL, GREEN HOMES тощо. Стандарт LEED застосовується в основному при будівництві нових і реінноваційних проектів; внутрішній реконструкції та оздобленні будівель, що експлуатуються; у заміському житловому будівництві тощо.

Стандарт BREEAM - найвідоміший і поширений метод оцінки екологічної ефективності будівель (офісних центрів, торгових майданчиків, промислових об'єктів, загальноосвітніх закладів тощо).

У будівельній сфері окреслилася нова тенденція: зведення приватних будинків з глини та соломи з застосуванням фарб на натуральній основі та з використанням природних матеріалів для оштукатурювання стін. Зацікавленість у будинках з дерева вщуває з простої причини: вирубування лісів для отримання будівельного бруса різко скорочує площі зелених насаджень. Негативний вплив на природу при будівництві дерев'яних зрубів є досить великим.

Висновки. Отже, «зелене будівництво» – це набір певних взаємопов'язаних елементів (людина – будівля – природа), які взаємодіють на рівні даної економічної діяльності, впроваджуючи функціонування екологічної та економічної системи відповідно до важливих принципів управління (вартість проекту, загальна екологізація виробництва, життєвий цикл будівельного об'єкту, інноваційність процесів, диференціація). Прискорені процеси індустріалізації та надмірне ресурсоспоживання створили екологічні проблеми для людства, головним з яких є зміна клімату. Багато факторів формують екологічний стан міського середовища. Не тільки виправдані підходи до вибору інноваційних матеріалів, технологій та виробничих процесів зможуть покращити реальну глобальну ситуацію. Широко введені технології "зеленого" будівництва розроблені для вирішення проблеми створення комфортних і безпечних умов життя для всього людства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мащенко С.О., Вовк М.С., Алієв Р.А. Теорія і методологія «зеленого будівництва». Економічний простір. 2016. № 113. С. 220-230.
2. Орловська Ю.В., Вовк М.С., Чала В.С., Мащенко С.О. Економічна політика ЄС з підтримки зеленого житлового будівництва: Монографія. Дніпро. 2017. 148 с.
3. Орловська Ю.В. Зелене будівництво – шлях до стійкого розвитку урбоecosистем на основі досвіду ЄС. Економічний простір. 2017. № 120. С. 216-223.
4. Білик О.А. Зелене будівництво: концепція, причини та тенденції розвитку. Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер.: Економічні науки. 2016. Вип. 20(1). С. 53-57.

5. Бондар О.І. «Зелена» економіка як підґрунтя екологізації місцевого розвитку: Монографія / Бондар О.І., Галушкіна Т.П., Унгурян П.Я. ; за заг. ред. О.І. Бондаря. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 237 с.

РЕЦИКЛІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ПОШКОДЖЕНИХ ОБ'ЄКТІВ У МЕЖАХ «ЗЕЛЕНОГО» ВІДНОВЛЕННЯ ЯК ВІДПОВІДЬ НА ВИКЛИКИ ВІЙНИ

Кащенко Тетяна, Гишко Анна

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
kashchenko.to@knuba.edu.ua, artannagyzhko@gmail.com*

Повномасштабна війна в Україні спричинила безпрецедентні руйнування інфраструктури, зокрема житлових, адміністративних та промислових об'єктів. За оцінками, обсяги руйнувань перевищують 100 млрд дол. США, а кількість будівельних відходів сягнула понад 10–12 млн тонн. У цьому контексті рециклізація будівельних матеріалів набуває особливої актуальності як ключовий елемент «зеленого» відновлення країни [1]. За даними Київської школи економіки, лише за перші півтора роки війни загальні збитки у сфері житлового фонду перевищили \$58 мільярдів [1]. Такий масштаб руйнувань породив величезні обсяги будівельних відходів, які потрібно ефективно утилізувати або повторно використовувати, щоб зменшити екологічне навантаження та забезпечити стале відновлення.

У цьому контексті рециклізація будівельних матеріалів розглядається як один із ключових підходів до реалізації «зеленого» відновлення. Такий підхід відповідає принципам циркулярної економіки, згідно з якими будівельні матеріали, замість потрапляння на полігони, повертаються в будівельний цикл у вигляді вторинної сировини [2]. Це не лише знижує потребу у видобутку нових ресурсів, а й сприяє зменшенню викидів парникових газів, витрат енергії та обсягів будівельного сміття.

Питання екологічної утилізації будівельних відходів набуває особливої актуальності у зв'язку з обмеженістю полігонів, а також потребою у швидкому та економічному відновленні пошкоджених об'єктів. У багатьох містах уже запроваджуються пілотні проєкти переробки уламків зруйнованих будівель на щебінь, який може використовуватися для будівництва доріг, фундаментів або тимчасових укриттів [3]. Така практика вже показала свою ефективність у європейських країнах, які стикалися з наслідками військових конфліктів або природних катастроф.

Рециклізація будівельних матеріалів — це процес повторного використання будівельних відходів, що виникають під час демонтажу або реконструкції споруд. Цей процес має надзвичайно важливе значення для України в умовах широкомасштабної відбудови інфраструктури після збройної агресії. Саме тому концепція «зеленого» відновлення повинна

базуватися не лише на принципах енергоефективності, але й на інтеграції систем переробки та утилізації будівельного сміття.

До найбільш поширених типів будівельних матеріалів, придатних до рециклізації, належать бетон, цегла, деревина, метали та скло. Наприклад, уламки бетону після очищення від арматури можна подрібнити й повторно використати як щебінь для дорожніх робіт або фундаментів [4]. Металеві елементи (арматура, балки, труби) підлягають плавленню та подальшій переробці, а деревину можна використати як паливо або в будівництві тимчасових конструкцій [5].

На рівні європейських стандартів, країни-члени ЄС прагнуть досягти рівня переробки будівельних відходів понад 70% [9]. В Україні ж, за оцінками експертів, рівень рециклізації досі залишається значно нижчим, хоча останнім часом спостерігається поступове зростання кількості ініціатив у цьому напрямку.

В Україні ведуться роботи з розробки практичних кейсів рециклізації. Станом на 2024 рік в Україні діє кілька успішних ініціатив з рециклінгу будівельних матеріалів. Зокрема, у Київській області створено мобільні дробильні установки для переробки уламків пошкоджених будинків, які використовуються для відновлення місцевих доріг [7]. У Львівській та Чернігівській областях налагоджено пункти сортування будівельного сміття, що дозволяє виділяти фракції, придатні до повторного використання [3].

Крім того, Україна отримала міжнародну підтримку в розвитку переробної інфраструктури. Зокрема, реалізується спільна українсько-німецька ініціатива BauCycle, яка впроваджує технології розділення та сортування будівельних відходів для отримання придатних до повторного використання матеріалів [8]. Також з'являються онлайн-платформи, такі як «Повторно», що дозволяють обмінюватися будівельними ресурсами між громадами, підрядниками й архітекторами [4].

Рециклізація будівельних матеріалів дозволяє суттєво скоротити обсяги відходів, зменшити потребу у видобутку нових природних ресурсів, а також знизити вуглецевий слід будівництва [9]. Наприклад, переробка бетону на щебінь вимагає значно менше енерговитрат, ніж видобуток та транспортування нового матеріалу. За попередніми оцінками, повторне використання будівельних відходів може зменшити витрати на відбудову до 20% у порівнянні з новим будівництвом [1].

Також важливо зазначити, що розвиток рециклінгової галузі створює нові робочі місця, стимулює інновації та дозволяє громадам самостійно розв'язувати проблему післявоєнного відновлення без надмірної залежності від імпортованих ресурсів [9].

Таким чином, рециклізація будівельних матеріалів у контексті відновлення України є не лише екологічно доцільною, а й економічно вигідною. Її впровадження дає змогу не лише зменшити навантаження на довкілля, а й сформувати сучасну, інноваційну модель відбудови з урахуванням європейських стандартів сталого розвитку.

Технологічні аспекти та виклики:

Процес рециклізації будівельних матеріалів передбачає кілька стадій: демонтаж, транспортування, сортування, подрібнення, очищення та сертифікацію повторного використання. Найбільшою технологічною проблемою є низька якість або змішане походження будівельних відходів, особливо після військових дій, де присутні залишки горючих матеріалів, токсичні елементи чи уламки боєприпасів [9].

Ще один виклик — відсутність єдиного державного стандарту або нормативу, що регламентує використання рециклінг-матеріалів у капітальному будівництві. Це значно гальмує широке впровадження таких технологій, особливо на рівні державних проєктів реконструкції [7].

Рециклізація будівельних матеріалів є ключовим елементом стратегії «зеленого» відновлення України в умовах післявоєнної реконструкції. Вона дозволяє не лише зменшити навантаження на довкілля та заощадити природні ресурси, але й забезпечити економічну доцільність відбудови, залучити місцеві громади до процесу, створити нові робочі місця та знизити витрати на будівництво.

Реалізація практик рециклізації вимагає впровадження нормативного регулювання, розвитку інфраструктури для збору та сортування будівельного сміття, а також активного залучення іноземного досвіду та інноваційних технологій. На тлі екологічних викликів, спричинених війною, переробка будівельних відходів стає не лише технічним завданням, а й моральною відповідальністю перед майбутніми поколіннями.

Інтеграція принципів циркулярної економіки в будівельну галузь відкриває нові можливості для сталого розвитку, підвищення енергоефективності та відбудови України як держави, що дбає про екологію, безпеку та якість життя своїх громадян.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перероблення будівельних відходів: виклики та можливості для України. VoxUkraine. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://voxukraine.org/pereroblennya-budivelnih-vidhodiv-vyklyky-ta-mozhlyvosti-dlya-ukrayiny>
2. Мінінфраструктури використовуватиме підходи циркулярної економіки для відбудови України. Кабінет Міністрів України. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/news/mininfrastruktury-vykorystovuvatyme-pidkhody-tsyrkuliarnoi-ekonomiky-dlia-vidbudovy-ukrainyasmc.ua+2> Кабінет Міністрів України+2
3. В Україні запустили платформу, яка допомагатиме розв'язати проблему відходів руйнувань. ЕкоПолітика. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-ukraini-zapustili-platformu-yaka-dopomagatime-rozv-yazati-problemu-vidhodiv-rujnuvan/ЕкоПолітика+1asmc.ua+1>

4. В Україні активно розвивається перероблення будівельних відходів. Finway. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://finway.com.ua/ukrayini-aktyvno-rozvyvayetsya-pereroblennya-budivelnih/Finway+1> Хмарочос+1
5. Рада з екобезпеки. Екологічні підходи до повторного використання будівельних матеріалів. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ecocouncil.org.ua/articles/reuse-construction-materials>
6. Європейська Комісія. Waste Framework Directive. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en
7. Укрінформ. Київщина: як працюють мобільні установки для переробки завалів. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/3698120-kiivska-oblast-recycling.html>
8. ZTU News. Проект BauCycle в Україні: досвід і перспективи. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://news.ztu.edu.ua/2024/12/spivpratsya-ukrayiny-ta-nimechchyny-u-sferi-pererobky-budivelnih-vidhodiv/>
9. Міндовкілля України. Оцінка ризиків у зоні бойових дій. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/analytics-environmental-damage/>

ПРОБЛЕМА ВИКОРИСТАННЯ НЕПРОЕКТНОГО ВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА В ПАРОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРОГЕНЕРАТОРАХ

Гламаздин Павло Михайлович¹, Вакуленко Євген Сергійович²

*^{1,2}Київський національний університет будівництва і архітектури,
sib.kiev@gmail.com, eugenvak@uk.net*

Використання непроектного вугільного палива в парових енергетичних котлах створює низку серйозних технічних, економічних та екологічних проблем, які безпосередньо впливають на ефективність, надійність і довговічність роботи котлоагрегатів [1,2]. Проектні характеристики котла розраховані на певний вид палива з конкретними показниками (вологість, зольність, кількість летких речовин, теплота згорання, тощо). При використанні палива з відмінними властивостями з'являються наступні негативні наслідки: порушується режим горіння; паливо або не встигає повністю згоріти, або горить надто інтенсивно, що призводить до перевищення проектного теплового напруження; збільшується механічний недопал, що знижує ККД котла. Нестабільне горіння може спричинити вібрації, нестабільність факела, згасання полум'я або утворення детонацій. Зростає питома витрата палива — через низьку теплоту згорання або високу вологість. Підвищене споживання повітря та енергії на тягодуттєві машини (як наслідок збільшення витрати палива) вимагає збільшення витрат енергії на тягодуттєві машини, оскільки вони мають подати більше дуттьового повітря в топку і видалити більшу кількість продуктів згорання палива. Інтенсифікація

шлако- та золоутворення. Підвищена спікливість або зольність може призводити до шлакування до поверхонь нагріву, що погіршує теплопередачу та збільшує ризик перегріву металу. Закоксування форсунок призводить до погіршення подачі палива та як наслідок змішування палива з дуттьовим повітрям. Підвищення корозійної активності середовища. Високий вміст сірки, хлору та інших агресивних домішок у паливі сприяє інтенсивному утворенню кислотних конденсатів, що веде до корозії сталевих елементів. Це особливо небезпечно в зоні конвективних поверхонь нагріву. Погіршуються екологічні показники. При спалюванні палива з високою зольністю збільшуються викиди твердих частинок зі зростанням вірогідності не повного вигорання вуглецю в цих твердих частинок, що призводить до зростання витрати з механічним недопалом q_4 в тепловому балансі котла. Це ускладнює виконання норм викидів, потребує встановлення додаткових систем очистки (електрофільтри, циклонні уловлювачі, десульфурація), що підвищує капітальні та експлуатаційні витрати. Збільшується вірогідність порушення теплових режимів, ерозії та корозії, зростають зупинки для очистки та ремонту — все це прискорює знос поверхонь нагріву, форсунок, колосників та золовловлювальних систем.

Деякі з цих проблем можливо вирішити або зменшити їх можливий вплив на роботу котла без кардинального переобладнання. Для розроблення таких методів розглянемо процес спалювання палива в котлі. Процес умовно можна поділити на декілька стадій.

- **Сушіння палива (до 110°C):** випаровується волога.
- **Піроліз (200–600°C):** відбувається розкладання органічної частини з утворенням летких горючих газів (CH_4 , H_2 , CO , легкі вуглеводні) та твердого коксового залишку.
- **Горіння летких речовин (800–1400°C).**
- **Горіння фіксованого вуглецю (коксу):** - це зповільнена реакція, що вимагає стабільної температури, достатньої кількості дуттьового повітря та часу перебування у топці.
- **Зольні реакції:** плавлення золи – важливий аспект в згорянні палива, адже при низьких температурах зола може не плавитись та утворювати шлакові відкладення на екранованих поверхнях в топці. Для запобігання цього потрібно підтримувати температуру в топці 1300-1450°C.

В Україні найчастіше для вугільних парогенераторів використовувалось вугілля марки “АШ”, який наразі здебільшого замінюється на вугілля марки “Г”, що змінює перебіг процесів у котлі через відмінності у складі, наведених у Таблиці 1. Високий вміст летких обумовлює високу нерівномірність температури топкового середовища – надто висока температура в зоні горіння летких (коріння факелу) і зниження в зоні догорання коксу з перебільшеною швидкістю продуктів горіння. Це приводить до підвищення втрати тепла з механічним недопалом q_4 в тепловому балансі.

Недопал — це залишкові незгорілі частинки палива, які не пройшли повного окиснення у топці. Вони містяться у зольному залишку (шлаку), а також можуть виноситися із димовими газами (виносна зола).

Таблиця 1

Порівняння характеристики вугілля марки "Г" та "АШ"

Параметр	Вугілля "Г"	Вугілля "АШ"
Нижча теплота згоряння ($Q_{\text{нр}}$)	22–28 МДж/кг	22,5–25,0 МДж/кг
Вміст летких речовин	35–45%	5–7 %
Зольність	10–15%	10–20 %
Вологість	до 12%	6–10 %
Сірка загальна	0,8–1,2%	1,0–1,5 %

Кількісно недопал визначають за показником **втрат від неповного згоряння палива (q_4)**:

$$q_4 = \frac{Q_{\text{незг}} \cdot Q_{\text{н}}}{Q_{\text{н.заг}}} \quad (1)$$

де: $Q_{\text{незг}}$ — вміст незгорілого вуглецю у шлаку/золі; $Q_{\text{н}}$ — теплота згоряння вуглецю; $Q_{\text{н.заг}}$ — повна теплота згоряння палива.

Причини і механізми утворення механічного недопалу q_4 представлені в Таблиці 2.

Таблиця 2

Основні причини утворення недопалу

Причина	Механізм
Недостатній час перебування палива в зоні високих температур	Вуглецевий залишок не встигає повністю окислитись
Нестача кисню в зоні догорання	Реакція окиснення закінчується передчасно
Погане подрібнення вугілля	Збільшується розмір частинок, зменшується площа реакції окиснення
Забруднення пальників, повітряних каналів	Порушується аеродинаміка топки. Виникають локальні "мертві зони"
Низька температура в зоні горіння	Температура нижча за температуру займання фіксованого вуглецю

Взагалі механічний недопал завжди супроводжує спалювання твердого палива, що обумовило наявність декількох методів його зменшення. Теоретично найпростішим методом поглиблення помелу вугілля. Вугільний пил тоншого помелу має більшу площу поверхні для гетерогенної реакції окиснення вуглецю, що зменшує вірогідність недопалу. Менший розмір кожної частинки вугільного пилу зменшує вимогу до часу перебування частинки в топці, що також веде до зменшення недопалу. Однак при цьому збільшується енергоємність помелу і зношування млинів. Також може збільшитись пожежонебезпечність (самозаймання пилу в пило проводах) особливо при наявності проміжного бункера.

Інші методи зменшення недопалу – це регулювання перебігу процесу спалювання пилу по висоті топки. Реалізується шляхом подавання дуттьового повітря не тільки в пальник, але і частково повз них вище по топці з метою інтенсифікації догоряння коксу в умовах збільшення зайвини повітря в цій зоні. Такий спосіб зменшує не тільки механічний недопал. Він сприяє також зменшення хімічного недопалу q_3 , тобто доокислення окисду вуглецю у двоокис CO_2 . Реалізація цього методу потребує реконструкції системи повітропостачання та системи автоматичного управління процесом горіння в топці.

Одним із ефективних нових рішень для підвищення якості спалювання непроектного вугільного палива в парових енергетичних котлах є **збільшення відсотку кисню в дуттьовому повітрі для горіння**. Суть полягає в **збільшенні відсотку кисню (O_2) у дуттьовому повітрі в зоні згоряння** — до 23–33% проти звичайних 21% у атмосферному повітрі. Теоретичні дослідження проведені на кафедрі теплотехніки, показали, що подібна технологія змінює деякі характеристики процесу горіння [3,4,5], а саме:

- **займання** частинок палива здійснюється швидше;
- **температура полум'я** вища на 200–400 °C;
- паливо згоряє в компактнішому об'ємі;
- збільшується швидкість реакції окиснення за рахунок зменшення частки азоту, який виступає інертним баластом.

Покращення умов горіння призводить до: **повнішого згоряння летких речовин і фіксованого вуглецю**; зниження виносу незгорілих частинок із шлаком або газами – як наслідок підвищення **ККД котла** (особливо на низькосортному або вологому вугіллі).

Зменшується об'єм димових газів через зменшення частки інертного азоту (N_2) у повітрі, що веде до зменшення втрати з димовими газами **q_2** . **Зниження загального об'єму продуктів згоряння** призводить до полегшення роботи тягодуттьового обладнання відповідно зменшуються витрати на його електроспоживання та навантаження на систему очищення газів.

При цьому змінюється екологічні характеристики котла. За контролю та регулюванню температури в топці **викиди CO і недопал значно знижуються**. Проте можливе **зростання утворення оксидів азоту (NO_x)** через підвищену температуру — це потребує впровадження рециркуляції газів або ступеневого спалювання.

Наступним кроком є пошук оптимальних технологій спалювання непроектного вугілля може бути поєднання двох доповнюючих технологій:

- збагачення дуттьового повітря киснем для покращення умов займання та інтенсифікації процесу горіння;
- двоступеневого спалювання для регулювання окислювального середовища, для зменшення викидів NO_x і повного допалювання коксових частинок.

Синергія цих двох методів дозволяє оптимізувати процес горіння по глибині вигорання, що особливо актуально при використанні вугілля з

високим вмістом вологи та летких речовин. Принципова схема перебігу процесу виглядає наступним чином.

Перша стадія:

- повітря подається зі зменшеним коефіцієнт надлишку повітря $\alpha_1 \approx 0,7-0,9$, за для зменшення утворення термічних NO_x ;
- подання в пальник дуттєвого повітря, нормального складу ($21\% \text{O}_2$);
- при цьому здійснюється займання та згорання летких речовин та окиснення дрібних частинок вугільного пилу.

Друга стадія (верхня зона топки):

- подання вторинного повітря, збагаченого киснем (до $25-31\% \text{O}_2$) у верхню частину топки;
- кінцевий коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1.1-1.2$;
- при цьому завершується процес окислення CO у CO_2 та остаточне вигорання коксу.

Таблиця 3

Основні переваги поєднання двоступеневого спалювання та збагаченого киснем дуттєвого повітрі

Перевага	Деталізація
Зменшення недопалу	Збагачене киснем повітря забезпечує повніше вигорання палива на другій стадії та вивільнення корисного тепла
Стабільність факела	Забезпечується безперервне та рівномірне горіння за рахунок подовження факелу та більшого часу перебування палива в топці
Зниження NO_x та CO_2	Двоступеневий режим дає можливість зменшити рівень недопалу не збільшуючи температуру горіння та як наслідок зменшити генерування NO_x . Збільшення концентрації кисню сприяє повному окисненню вуглецю до двоокису CO_2 .

Висновки: Поєднання кисневого збагачення та двоступеневого спалювання є взаємодоповнюючим підходом, що забезпечує ефективне та стабільне горіння навіть не стабільного складу вугілля. Це рішення особливо актуальне для старих котлів, які працюють у нових умовах та потребують адаптації. Незважаючи на додаткові витрати на кисень і контроль систем, економічна доцільність виправдовується зменшенням витрат на обслуговування, ремонт, підвищенням ККД та зниженням шкідливого впливу на навколишнє середовище. Успішне впровадження цієї технології можливе за умови правильного інжинірингу, автоматизації та поетапної реалізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Варламов Г., Любчик Г., Малярєнко В. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії : підручник / ред. Т. Камінська. Київ : "Політехніка", 2003. 228 с.
2. Промислова Енергетика : навч. посіб. / С. Апостолук та ін. 2-ге вид. Київ : "Знання", 2012. 430 с.

3. Дяченко А., Гламаздин П. Методи підвищення екологічних характеристик вугільних тец та тес. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2021. Т. 32, № 2. С. 178–185.

URL: http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2021/4_2021/29.pdf (дата звернення: 03.04.2025)

4. Вакуленко Є. С. Вирішення проблеми використання не проектного палива на ТЕЦ. *«Буд майстер клас 2024»*. 2024. Т. 1, № 4. С. 285–287. URL: <https://doi.org/978-617-520-936-3-1> (дата звернення: 01.04.2025).

5. Вакуленко Є. С. Підвищення ефективності спалювання непроектного палива шляхом збагачення киснем дуттьового повітря. *Енергія. Ресурси. Екологія*. 2024. Т. 1, № 2. С. 39–41. URL: <https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2024/12/ere-2024-ua.pdf> (дата звернення: 27.03.2025).

ПЕРСПЕКТИВИ ЗНИЖЕННЯ ЕМІСІЇ CO₂ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Вадим Гончар¹, Марина Кочевих², Ольга Гончар², Дмитро Аношко²

¹ТОВ «АРТІДЕК», vadimus-p@ukr.net

²Київський національний університет будівництва і архітектури, gonchar.oa@knuba.edu.ua

Не буде перебільшенням назвати портландцемент матеріалом, який сформував сьогоднішню будівельну парадигму та визначає напрямок розвитку будівництва на найближчі 15...25 років, як мінімум. Він є одним з лідерів серед матеріалів, які не зустрічаються в природі та які людство виробляє штучно для задоволення власних потреб. Станом на 2024 рік, загальне світове виробництво портландцементу перевищувало 4,1 мільярда тон, та демонструвало тенденцію до зростання [1, 2].

Характерною особливістю виробництва портландцементу є значна емісія CO₂: залежно від сировини та застосованої технології викиди CO₂ становлять 0.657...0.822 тон на тону виробленого портландцементу [3, 4, 5]. Враховуючи вищезгадані річні обсяги виробництва, можна обчислити, що річний обсяг викидів CO₂ цементною промисловістю сягає 2,7...3,4 мільярда тон, що складає вагомі 6,5...10% від загальної річної антропогенної емісії вуглекислого газу, яку оцінюють в 40...53 млрд. тон [6, 7, 8]. Наведені дані з усією очевидністю демонструють нагальну необхідність зниження вуглецевого сліду цементної промисловості, як обов'язкової умови зеленого переходу.

Однією з важливих особливостей виробництва портландцементу є наявність двох джерел викидів вуглекислого газу. Близько 40...50 % від загальної кількості генерується за рахунок спалювання палива, ще 50...60% виділяються в процесі нагрівання карбонатної сировини [9, 10]. Отже,

стратегії зниження викидів можна розділити групи, залежно від джерела викидів CO_2 , яке розглядається в якості об'єкта.

Перехід на сучасні енергоефективні технології здебільшого, вже відбувся. Заміна мокрого процесу на сухий, кульових млинів на вертикальні роторні, введення пре-кальцинаторів, циклонів-декарбонізаторів та оптимізація довжини печей вже призвели до суттєвого зниження викидів CO_2 за рахунок більш економного використання палива [11].

Використання безвуглецевого або вуглецево-нейтрального палива. У виробництві портландцементу традиційно використовують вуглець-вміщуюче паливо. Перехід на використання водню, спалювання якого не супроводжується утворенням CO_2 , потенційно може забезпечити зниження викидів на ті самі вищезазначені 40%. Як альтернативу дорогому та небезпечному водню можна розглянути вуглецево-нейтральні види палива, отримані з біомаси, весь вуглець в котрій вже є вловленим з атмосфери, отже, його повернення назад не призведе до підвищення вмісту CO_2 в повітрі [12].

Використання кисню (процес OxyFuel), або збагачення киснем повітря також дозволяє знизити викиди CO_2 за рахунок підвищення ефективності згоряння палива та отримання високопотенційного теплоносія, що призводить до зниження витрат палива [13].

Утилізація низькопотенційного тепла та скорочення теплових витрат є очевидним та потенційно ефективним механізмом зниження емісії CO_2 . Технологічний процес виробництва цементу супроводжується утворенням великої кількості середньо-та низькопотенційного тепла, в основному у вигляді газів з різною температурою, які зазвичай скидаються в атмосферу, що призводить до втрат 30...40% згенерованої теплової енергії. Традиційні методи теплообміну є неефективними для утилізації низькопотенційного тепла. Проте, використання сучасних теплових насосів, зокрема, органічного циклу Ранкіна, дозволяє підвищити потенціал теплоносія для можливості його повторного використання, або перевести тепло в іншу форму енергії, зокрема, електричну [14, 15].

Перехід на цементі зі зниженим вмістом клінкеру/безклінкерні. Ця стратегія зниження викидів поєднує цілу групу різнопланових технологій. Найперша з них – технологія «розведення». Вона передбачає зниження викидів CO_2 за рахунок зниження вмісту власне портландцементу/клінкеру в цементі за рахунок додавання активних або інертних добавок (пуцолани, золи, меленого вапняку). Це рішення виглядає очевидним, і може бути реалізоване без суттєвих змін в існуючих технологічних ланцюгах, отже, його впроваджують найактивніше серед інших. Регламент ЄС №305 передбачає повний перехід на змішані цементі до 2030 р. [16]. Проте, слід зазначити, що зниження питомих викидів CO_2 на тону готового цементу за рахунок зниження вмісту в цементі клінкеру не впливає на викиди CO_2 власне в процесі виробництва. Тобто, ця стратегія є скорше адміністративним, ніж технологічним рішенням. Сюди ж можна віднести й застосування альтернативних джерел силікатів/алюмінатів кальцію (металургійних шлаків)

для заміни клінкеру: емісія CO_2 для цих матеріалів вже відбулася, але раніше, в процесі їх утворення, що слід враховувати при розрахунках.

З технологічної та матеріалознавчої точок зору більш цікавими є технології, спрямовані на зниження вмісту кальцію в клінкері (білітові цементи), аж то застосування повністю безкальцієвих в'язучих систем (лужні алюмосилікатні в'язучі, геоцемент), впровадження яких призведе до реального зниження викидів CO_2 при декарбонізації сировини за рахунок зниження вмісту карбонатів у останній.

Використання бетону як поглинач CO_2 базується на концепції, що, з точки зору термодинаміки, є можливою взаємодія CO_2 з продуктами гідратації та твердіння портландцементу, аж до повної карбонізації всього наявного CaO , без значного погіршення (а іноді навіть з поліпшенням) властивостей бетону [17...19]. Теоретично, цей підхід дозволяє «повернути» до цементного каменю весь CO_2 , який містила карбонатна сировина – а це, як відомо становить до 50 % від загальної емісії CO_2 при виробництві цементу [9, 10].

Частину вищерозглянутих технологій, поєднує концепція під назвою **CCUS: Carbon Capturing, Utilisation and Storage** спрямована на зниження вуглецевого навантаження на атмосферу за рахунок ефективного вловлювання та утилізації CO_2 . Наглядним прикладом втілення цієї концепції є проект **HERCCULES**, який реалізується в даний момент групою компаній з Європи та України за фінансування Європейським Союзом [20].

Цей проект передбачає реконструкцію двох цементних заводів в Європі шляхом:

- переведення пре-кальцинатора на процес кисневого спалювання **OxyFuel**, що дозволить отримати на виході потік концентрованого CO_2 ;
- встановлення на виході з пре-кальцинатору блоку компресування та очистки, який є більш ефективним, ніж традиційно застосовувані поглиначі на основі рідкого сорбенту для вловлювання та рафінування більшої частини CO_2 ;
- перехід на сучасні тверді сорбенти з поліпшеною здатністю до регенерації для вловлювання залишкового CO_2 .

Завдяки наведеним заходам планується забезпечити ефективність вловлювання CO_2 на рівні 95...98% та отримати рідкий очищений CO_2 чистотою не нижче 99,9%, що дозволить використати його як ліквідний товар.

Залишки нереалізованого CO_2 будуть використані:

- для виготовлення бетонних виробів шляхом пришвидшеного твердіння в умовах насичення CO_2 в камерах карбонізації;
- для карбонізації лому бетонних виробів з подальшим використанням карбонізованого матеріалу в якості заповнювача при виготовленні товарного бетону.

Сукупність наведених заходів повинна призвести до суттєвого зниження викидів CO_2 в атмосферу. За умови часткового використання палива на основі біомаси та повного використання отриманого цементу для виготовлення карбонізованого бетону, що містить карбонізований наповнювач, очікується

отримати від'ємний показник викидів, що становитиме вражаючі -150 кг/тону клінкеру.

ЛІТЕРАТУРА

1. U.S. Geological Survey (USGS) - Cement Statistics and Information. URL: <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/cement-statistics-and-information>.
2. World Population Review - Cement Production by Country. URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/cement-production-by-country>.
3. Li, C., Gong, X. Z., Cui, S. P., Wang, Z. H., Zheng, Y., & Chi, B. C. (2011). CO₂ Emissions due to Cement Manufacture. Materials Science Forum, 685, 181–187. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.685.181>.
4. Khalil, E., & AbouZeid, M. (2025). Framework for Cement Plants Assessment Through Cement Production Improvement Measures for Reduction of CO₂ Emissions Towards Net Zero Emissions. Construction Materials, 5(2), 20. URL: <https://doi.org/10.3390/constrmater5020020>.
5. Peng, J. X., Huang, L., Zhao, Y. B., Chen, P., Zeng, L., & zheng, W. (2012). Modeling of Carbon Dioxide Measurement on Cement Plants. Advanced Materials Research, 610–613, 2120–2128. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.610-613.2120>.
6. Dhakal, S., J.C. Minx, F.L. Toth, A. Abdel-Aziz, M.J. Figuerola Meza, K. Hubacek, I.G.C. Jonckheere, Yong-Gun Kim, G.F. Nemet, S. Pachauri, X.C. Tan, T. Wiedmann, 2022: Emissions Trends and Drivers. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.004. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-2/>.
7. Hannah R., Roser M, (2020) CO₂ emissions. URL: <https://ourworldindata.org/co2-emissions>.
8. Briggs C, Gilfillan D, Hefner M, Marland E, Marland G. Annual estimates of global and national CO₂ emissions from fossil fuels: Tracking revisions to the United Nations energy statistics database input energy data. Environmental Data Science. 2023;2:e40. doi:10.1017/eds.2023.38.
9. CHATTERJEE, Anjan Kumar. *Cement production technology: Principles and practice*. CRC Press, 2018.
10. Ige, O.E., Von Kallon, D.V. & Desai, D. Carbon emissions mitigation methods for cement industry using a systems dynamics model. Clean Techn Environ Policy 26, 579–597 (2024). URL: <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02683-0>. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-data-science/article/annual-estimates-of-global-and-national-co2-emissions-from-fossil>

[fuels-tracking-revisions-to-the-united-nations-energy-statistics-database-input-energy-data/3B5985C70DA555AC9ECDEB12C3100709](https://doi.org/10.1007/978-3-031-77429-4_85).

11. Sarfraz, S. *et al.* (2025). Potentials for Energy Savings and Carbon Dioxide Emissions Reduction in Cement Industry. In: Kohl, H., Seliger, G., Dietrich, F., Mur, S. (eds) Sustainable Manufacturing as a Driver for Growth. GCSM 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. URL:https://doi.org/10.1007/978-3-031-77429-4_85.

12. Cuellar, A., and Herzog, H. (2015). A Path Forward for Low Carbon Power from Biomass. *Energies* 8, 1701–1715. URL:<https://doi.org/10.3390/en8031701>

13 Zheng, L., Hills, T.P., and Fennell, P. (2016). Phase evolution, characterisation, and performance of cement prepared in an oxyfuel atmosphere. *Faraday Discuss.* 192, 113–124. URL:<https://doi.org/10.1039/c6fd00032k>.

14. Pradeep Varma, G.V., and Srinivas, T. (2015). Design and analysis of a cogeneration plant using heat recovery of a cement factory. *Case Studies in Thermal Engineering* 5, 24–31. URL:<https://doi.org/10.1016/j.csite.2014.12.002>.

15. Fennell PS, Davis SJ, Mohammed A (2021) Decarbonizing cement production. *Joule* 5:1305–1311. URL: [https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351\(21\)00197-5.pdf](https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351(21)00197-5.pdf).

16. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC Text with EEA relevance. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/305/oj/eng>

17. El-Gamal, S., El-Khouly, H., Fayek, S. *et al.* Enhancing sustainability: integrating carbon dioxide into Portland cement concrete. *Innov. Infrastruct. Solut.* 8, 278 (2023). URL:<https://doi.org/10.1007/s41062-023-01247-x>

18. Aparicio P, Martín D, Baya-Arenas R, Flores-Alés V (2022) Behaviour of concrete and cement in carbon dioxide sequestration by mineral carbonation processes. *Bol Soc Esp Ceram Vidrio* 61(3):220–228. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317520301138?via%3Dihub>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061821033821?via%3Dihub> .

19. Wang D, Xiao J, Duan Z (2022) Strategies to accelerate CO₂ sequestration of cement-based materials and their application prospects. *Constr Build Mater* 314:125646. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061821033821?via%3Dihub>.

20. Spinelli, Maurizio & Scaccabarozzi, Roberto & Artini, Chiara & Giudici, Fabio & Gatti, Manuele & Romano, Matteo & Fantini, Martina & Liverani, Irene & Magli, Francesco & Canonico, Fulvio & Martínez, Isabel & Grasa, G. & Marchi, Norberto & Athitsou, Katerina & Katsiotis, Marios & Michalis, Vasileios & Panarisi, Lucio & Cioffi, Laura & Dütschke, Elisabeth & Consonni, Stefano. (2025). HERCCULES project: overview, objectives and early progress. SSRN Electronic

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ВЕНТИЛЯЦІЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З УПРАВЛІННЯМ ПО РІВНЮ CO₂

Горбунов Богдан Тарасович

¹*Київський національний університет будівництва і архітектури,
ppp@knu.edu.ua*

²*ФОП «Горбунов Богдан Тарасович», horbunovbt@gmail.com*

Вступ. У сучасному будівництві дедалі більше уваги приділяється створенню енергоефективних будівель. Проектуючи такі будинки, архітектори та інженери прагнуть до максимальної герметичності огорожувальних конструкцій, щоб мінімізувати тепловтрати та забезпечити стабільний мікроклімат з найменшими витратами енергії. Використовуються якісні теплоізоляційні матеріали, герметичні вікна та двері, що дозволяє досягти вражаючих показників енергоефективності.

Однак у гонитві за герметичністю часто забувають про одне з найважливіших — вентиляцію. Адже повітря, яке потрапляє в приміщення неорганізовано (через щілини, тріщини чи відкриті вікна), у таких будинках майже відсутнє. Без належної вентиляції повітря втрачає якість: зростає концентрація CO₂, вологі, шкідливих речовин, що негативно впливає як на здоров'я мешканців, так і на саму будівлю. Тому системи керованої вентиляції з рекуперацією тепла та управлінням по рівню CO₂ стають невід'ємним елементом справді ефективного, здорового й комфортного дому.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ БУДИНОК

Енергоефективний будинок — це будівля, що споживає мінімум енергії для опалення, охолодження та вентиляції, забезпечуючи при цьому комфортне середовище для мешканців. Ключовими принципами енергоефективності є:

- **Теплоізоляція:** Стенки, дах і підлога повинні бути добре ізольовані від зовнішнього середовища, щоб зменшити теплові втрати.
- **Щільність конструкції:** Будинок має бути герметичним, без щілин і протягів, через які може втекти тепло.
- **Енергозберігаючі технології:** Використання високоякісних вікон, енергоефективних освітлювальних приладів і побутової техніки, а також системи відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, теплові насоси).
- **Важливою складовою енергоефективного будинку є також вентиляція, що забезпечує належний рівень якості повітря без зайвих енергетичних витрат. Системи вентиляції з регулюванням рівня CO₂ — це не тільки економія енергії, а й підтримка здорового мікроклімату.**

КОНТРОЛЬ ПО РІВНЮ CO₂

Система вентиляції, яка автоматично регулює подачу повітря на основі вимірювання рівня CO₂, дозволяє значно знизити енергоспоживання. CO₂ є

одним з найкращих індикаторів якості повітря в приміщенні, оскільки його концентрація безпосередньо залежить від кількості людей у приміщенні та рівня активності. Коли концентрація CO₂ в повітрі зростає, це свідчить про те, що в приміщенні недостатньо свіжого повітря, і система вентиляції повинна збільшити подачу.

У свою чергу, коли рівень CO₂ знижується, це означає, що люди у приміщенні залишають його або зменшується активність, тому система може зменшити подачу повітря, знижуючи таким чином енергоспоживання. Такий підхід дозволяє значно зменшити витрати на вентиляцію, підтримуючи комфортний мікроклімат у приміщенні.

Це особливо важливо для житлових будинків, де більшість часу люди перебувають у спокої або на короткий час займаються діяльністю, яка не потребує постійного притоку свіжого повітря.

РЕКУПЕРАЦІЯ ТЕПЛА

Одним із важливих аспектів енергоефективної вентиляції є рекуперація тепла. Це процес, за якого система вентиляції не лише забирає з приміщення відпрацьоване повітря, а й використовує його тепло для підігріву свіжого повітря, що надходить. Завдяки цьому значно знижується витрати на обігрів.

У випадку з системою Jablotron Futura, рекуперація тепла реалізується через спеціальний теплообмінник, що передає тепло від відпрацьованого повітря до свіжого, що подається ззовні. Це дозволяє зберігати тепло в будівлі навіть при низьких температурах на вулиці.

Переваги рекуперації тепла:

- Зниження витрат на опалення: Рекуперація дозволяє скоротити витрати на обігрів приміщень, оскільки не потрібно повністю підігрівати свіжу подачу повітря.
- Забезпечення комфортної температури: Вентиляція з рекуперацією тепла дозволяє підтримувати стабільну температуру в приміщенні, що особливо важливо в умовах зимового періоду.
- Екологічність: В процесі рекуперації знижуються викиди CO₂, оскільки за рахунок економії енергії зменшується необхідність у використанні енергетичних ресурсів.

СИСТЕМА JABLOTRON FUTURA

Система Jablotron Futura є одним з інноваційних рішень у сфері енергоефективної вентиляції. Вона поєднує низку технологій для забезпечення ефективної роботи вентиляції, що дає змогу не тільки знижувати споживання енергії, але й підтримувати високий рівень комфорту.

Jablotron Futura автоматично регулює подачу повітря, враховуючи рівень CO₂ в приміщенні. Це дозволяє уникнути зайвих витрат енергії на вентиляцію, коли це не потрібно. Крім того, система оснащена функцією рекуперації тепла, що дозволяє економити енергію для опалення та охолодження. Всі ці параметри можна контролювати через спеціальний інтерфейс для дистанційного моніторингу та налаштування системи, що

робить її надзвичайно зручним і ефективним рішенням для сучасних житлових будівель.

Система працює на основі модулів, що дозволяє адаптувати її під конкретні потреби кожного приміщення, забезпечуючи оптимальне регулювання подачі повітря. Також система оснащена датчиками, які дозволяють відслідковувати якість повітря та надавати реальні дані про стан мікроклімату в будівлі.

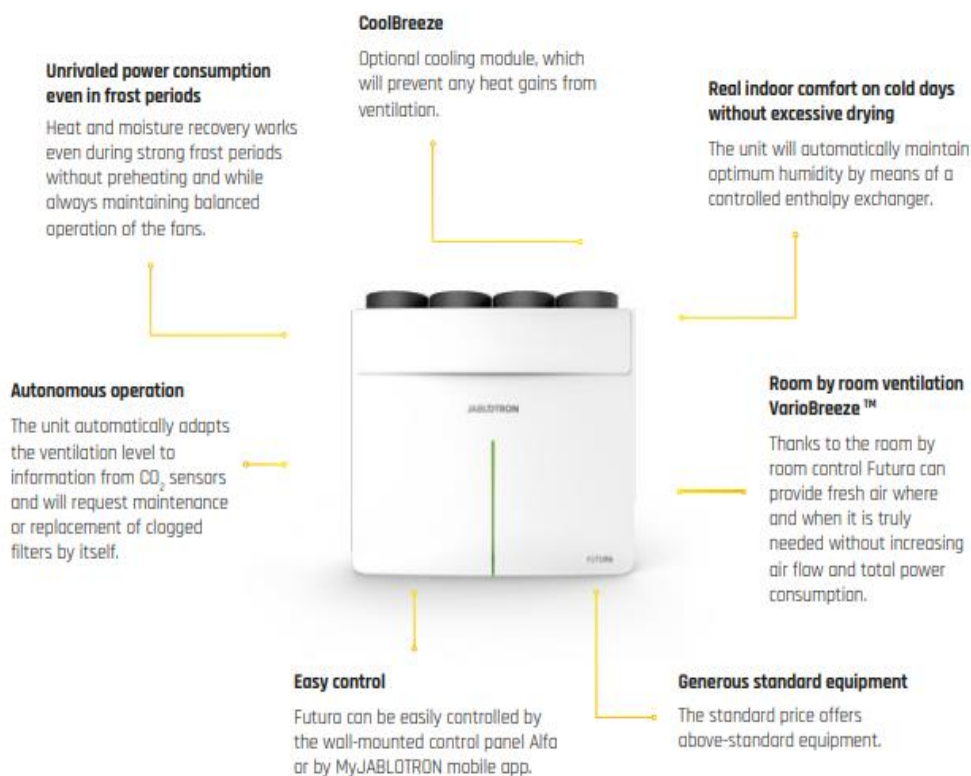


Рис 1. Схема та опис установки Jablotron Futura

ПРАКТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Встановлення системи вентиляції з управлінням по рівню CO₂ дозволяє значно знизити енергоспоживання в житлових будинках. Згідно з оцінками, використання таких систем може призвести до скорочення витрат електроенергії на вентиляцію на 20-30% порівняно з традиційними системами, які працюють без врахування рівня CO₂.

У типових умовах житлового будинку, де люди можуть перебувати в приміщенні лише частину часу, система, що регулює подачу повітря на основі рівня CO₂, забезпечує постійну свіжість повітря, при цьому не витрачаючи енергію на безперервну подачу повітря. Це дозволяє не лише знижувати витрати на електроенергію, але й підтримувати оптимальний рівень вологості та температури в приміщенні.

Використання таких систем є особливо ефективним у великих житлових комплексах або багатоквартирних будинках, де кількість мешканців може змінюватися в залежності від часу доби або пори року.

ВИСНОВКИ

Таким чином, використання систем вентиляції з управлінням по рівню CO₂ є важливим кроком до зниження енергоспоживання в житлових будівлях. Система Jablotron Futura є одним із прикладів ефективної реалізації цієї технології, що дозволяє значно знизити витрати на електроенергію, покращити якість повітря та забезпечити комфортний мікроклімат у приміщеннях.

Такі системи є не тільки ефективними з точки зору енергозбереження, але й сприяють поліпшенню здоров'я мешканців завдяки постійному підтриманню оптимального рівня CO₂ в приміщенні. Враховуючи зростаючі вимоги до енергоефективності та екологічної відповідальності, система вентиляції з CO₂-регулюванням є важливим елементом для майбутнього житлових будинків.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіон України, 2013.
2. Jablotron Futura – official product documentation. <https://www.jablotron.com>
3. EN 16798-1:2019. Energy performance of buildings – Ventilation for buildings – Part 1: Indoor environmental input parameters.

ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОНОПЛЯНОГО БЕТОНУ В ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Олександр Григорчук¹, Ілля Светашов², Валентин Лютий¹

¹Київський національний університет будівництва і архітектури,
hryhorchuk.om@knuba.edu.ua

²Київський фаховий коледж архітектури, будівництва та управління,
ilyasvetashov@gmail.com

¹Київський національний університет будівництва і архітектури,
[@knuba.edu.ua](mailto:liutyi_vo-2024@knuba.edu.ua)

Анотація. Сучасні тенденції в будівельній галузі все активніше формуються під впливом глобальних кліматичних змін та різкого удорожчання енергоресурсів, що стимулює пошук альтернативних, екологічних та енергоефективних матеріалів.

Конопляний бетон – біокомпозитний матеріал на основі конопляної костри та вапняного в'язучого, який має широкий спектр переваг: високу теплоізоляцію, природне регулювання вологості, екологічну безпеку та негативний вуглецевий слід. Нами коротко проаналізовано переваги та перспективи його впровадження в Україні. Проте для повноцінної реалізації цього потенціалу потрібні подальші наукові дослідження, розробка технічних стандартів і формування сприятливого ринкового середовища.

Ключові слова: конопляний бетон, енергоефективне будівництво, теплоізоляція, вуглецевий слід, технічні коноплі, Україна.

Вступ

Будівельна індустрія сьогодні залишається однією із найбільших споживачів енергії та природних ресурсів, а також одним із основних джерел викидів парникових газів. Усе більш очевидним стає факт: без переходу до сталого розвитку технологій і матеріалів подолати екологічні виклики сучасності буде неможливо. Пошук рішень, що зменшують шкоду довкіллю та підвищують енергоефективність будівель, відкриває нові можливості для інноваційних матеріалів [1].

Одним із них є конопляний бетон – біокомпозит на основі відновлюваної рослинної сировини (конопляної костри) і натурального вапняного в'язучого. Цей матеріал стрімко набирає популярності в усьому світі, привертаючи увагу як науковців, так і практиків будівельної галузі.

1. Основні переваги конопляного бетону

Унікальне поєднання властивостей робить конопляний бетон ефективним рішенням для зведення енергоощадних будівель зі здоровим мікрокліматом.

1.1. Теплоізоляція та теплова інерція

Конопляний бетон має низьку теплопровідність, значення якої зазвичай перебуває у діапазоні $\lambda = 0,06 - 0,12 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, що дозволяє створювати огорожувальні конструкції (стіни, перекриття, покрівлі) із високим термічним опором R , який значно перевищує показники традиційних матеріалів (цегла, газобетон тощо) за аналогічних товщин. Застосування конопляного бетону як основного матеріалу стіни (у каркасній системі) або як утеплювача дає змогу суттєво знизити тепловтрати будівлі.

Окрім низької теплопровідності, цей біокомпозитний матеріал має достатню питому теплоємність $c = 1000 - 1700 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, що сприяє згладжуванню добових коливань температури усередині приміщень, забезпечуючи хорошу теплову інерцію. Це зменшує потребу в частому вмиканні/вимиканні систем опалення чи кондиціонування, підвищує тепловий комфорт та знижує енергоспоживання.

1.2. Гігро - та терморегуляція

Висока пористість конопляної костри у поєднанні з гігроскопічними властивостями вапна надає конопляному бетону виняткову здатність до паропроникності та регуляції вологості повітря. Матеріал активно поглинає надлишкову водяну пару з повітря при зростанні відносної вологості та повертає її, коли повітря стає сушішим. Цей термодинамічний процес регуляції вологості у приміщенні допомагає підтримувати комфортні умови відносної вологості ($\varphi = 40 - 60\%$).

Це не лише створює здоровий мікроклімат, але й запобігає утворенню конденсату на внутрішніх поверхнях, що є основною причиною розмноженню плісняви та грибків, особливо в утеплених герметичних будівлях. Здатність стін «дихати» є однією із ключових переваг конопляного бетону порівняно з

іншими сучасними системами утеплення, де використовують паронепроникні шари.

1.3. Екологічність та вуглецева нейтральність

Конопляний бетон є екологічно чистим будівельним матеріалом, що зумовлено наступними факторами:

– **Секвестрація вуглецю**: Технічні коноплі під час інтенсивного росту поглинають значну кількість діоксиду карбону CO_2 із атмосферного повітря при фотосинтезі (біомаса конопель приблизно на 45 – 50% складається із вуглецю), тобто простими словами, це процес «вилучення» вуглецю із атмосфери, де він діє як парниковий газ.

– **Карбонізація вапна**: У процесі тверднення вапняне в'язуче ($Ca(OH)_2$) реагує із CO_2 , що міститься у повітрі, утворюючи карбонат кальцію ($CaCO_3$) і таким чином, додатково поглинаючи вуглекислий газ. Цей процес триває впродовж десятка років, мінералізуючи вуглець у структурі огорожувальних конструкцій.

– **Низькі енерговитрати**: Виробництво конопляної костри та вапна потребує значно менших енергозатрат у порівнянні із виробництвом портландцементу, керамічної цегли, пінополістиролу чи мінеральної вати.

– **Відновлювана сировина**: Технічні коноплі – сільськогосподарська культура, яка швидко росте (100 – 120 днів), невибаглива до ґрунтів, стійка до шкідників, що дозволяє вирощувати її з мінімальним використанням пестицидів та гербіцидів.

– **Утилізація**: Після завершення життєвого циклу будівлі матеріал може бути подрібнений та використаний як добриво або як вторинна сировина.

Завдяки цим факторам, конопляний бетон може мати негативний вуглецевий слід, тобто за весь життєвий цикл (від вирощування сировини до утилізації) він поглинає більше CO_2 , ніж виділяється при його виробництві та транспортуванні.

1.4. Інші важливі характеристики

– **Акустичний комфорт**: Пориста структура матеріалу забезпечує хороше звукопоглинання, знижуючи рівень шуму та реверберації у приміщеннях.

– **Пожежна безпека**: Завдяки мінеральному в'язучому, конопляний бетон є майже негорючим матеріалом (клас вогнестійкості залежить від рецептури та товщини конструкції), що забезпечує високий рівень пожежної безпеки.

– **Біологічна стійкість**: Вапно створює лужне середовище, яке перешкоджає розвитку плісняви, грибків, комах та гризунів.

– **Легкість матеріалу**: Щільність ($200 - 400 \text{ кг/м}^3$) конопляного бетону значно нижча, ніж у традиційного бетону чи цегли, що дозволяє знизити навантаження на фундаменти та основні конструкції, а також полегшує транспортування і монтаж.

2. Перспективи використання конопляного бетону в Україні

Україна має значний потенціал для розвитку виробництва та

застосування конопляного бетону завдяки сприятливим кліматичним умовам для вирощування технічних конопель та наявності сировинної бази (вапняки). Однак для широкого впровадження технології необхідно подолати низку викликів [2].

2.1. Розвиток сировинної бази та технологій переробки

Необхідне нарощування посівних площ технічних конопель та створення сучасних підприємств для їх первинної переробки з метою отримання якісної костри, придатної для виробництва конопляного бетону. Важливим є також дослідження та оптимізація рецептур з використанням місцевих видів вапна та можливих модифікуючих добавок.

2.2. Стандартизація та нормативно-правове забезпечення

Одним із ключових бар'єрів є відсутність в Україні державних стандартів та будівельних норм (ДБН), які б регламентували вимоги до конопляного бетону як будівельного матеріалу, методів його випробувань, а також особливостей проєктування та зведення конструкцій з його використанням. Розробка такої нормативної бази, можливо, з урахуванням досвіду інших країн (наприклад, Франції чи Великобританії), є першочерговим завданням для легалізації та масштабування технології.

2.3. Технології застосування

На сьогодні основними методами застосування є монолітне укладання суміші в опалубку навколо несучого каркасу та використання готових блоків. Перспективним напрямком є розвиток виробництва великорозмірних стінових панелей та блоків у заводських умовах. Це дозволить підвищити швидкість будівництва, забезпечити стабільну якість продукції та зменшити залежність від погодних умов під час монтажу. Також потребують вивчення та вдосконалення технології механізованого нанесення конопляного бетону.

2.4. Економічні аспекти та ринок

Необхідно провести детальний аналіз економічної доцільності використання конопляного бетону в українських умовах, враховуючи не лише початкові капітальні витрати, але й економію на експлуатаційних витратах (опалення, кондиціонування, ремонт) протягом усього життєвого циклу будівлі. Зниженню собівартості сприятиме розвиток місцевої сировинної бази, масштабування виробництва та конкуренція на ринку. Важливу роль може відіграти державна підтримка екологічного та енергоефективного будівництва.

2.5. Інформаційна та освітня діяльність

Подолання упереджень та підвищення рівня обізнаності архітекторів, проєктувальників, будівельників та потенційних замовників щодо властивостей, переваг та особливостей застосування конопляного бетону є важливим завданням. Проведення семінарів, навчальних курсів, публікація результатів досліджень, демонстрація пілотних проєктів сприятимуть формуванню довіри до цього будівельного матеріалу та його популяризації.

2.6. Наукові дослідження та розробки

Актуальними напрямками досліджень є:

- довговічність конопляного бетону в кліматичних умовах України;
- оптимізація складу конопляного бетону для покращення механічних властивостей без суттєвої втрати теплоізоляційних властивостей;
- вивчення сумісності з різними типами каркасів та оздоблювальних матеріалів;
- розробка методів прискорення висихання та набору міцності матеріалу;
- дослідження можливості використання альтернативних в'язучих разом з конопляною костою.

Висновки

Конопляний бетон – це приклад того, як природні матеріали можуть змінювати майбутнє будівництва. Завдяки своїм теплоізоляційним властивостям, здатності підтримувати комфортний мікроклімат і майже нейтральному вуглецевому балансу, він відкриває шлях до екологічно відповідального й енергоефективного житла. Україна має значні передумови для розвитку виробництва та використання конопляного бетону. Реалізація цього потенціалу потребує комплексного підходу, що включає розвиток сировинної бази, створення нормативно-правової основи, вдосконалення технологій, проведення наукових досліджень та інформаційно-просвітницьку роботу [3].

Конопляний бетон – це не лише про стіни та будівлі. Це про майбутнє, яке ми будуємо своїми руками. Майбутнє, де комфортне житло не шкодить планеті, а енергія природи працює на благо людей. І це майбутнє починається вже сьогодні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Духіна В., Кравченко С. Використання конопляного бетону в енергоефективному будівництві: переваги та перспективи // III CISP Conference «Scientific Vector of Various Sphere' Development: Reality and Future Trends». Grail of Science. 2024. Вип. 40. С. 604–610.
2. Ляліна Н. П., Вотченікова О. В., Кацан І. В. Маркетингові дослідження ринку інноваційних будівельних матеріалів // Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку : матеріали Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (Київ, 14 квітня 2020 року) : тези доповідей. Київ : КНУБА, 2020. С. 113–117.
3. Ратушняк О. Г., Бікс Ю. С., Кавецький В. В. Організаційно-економічні засади використання технічної коноплі в будівництві як один з напрямків інноваційної та екологічної відбудови України. Innovation and Sustainability. 2024. № 2. С. 44–52.

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ СИРОВИНИ ТА ПРОДУКЦІЇ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

Даніїл Даниленко, Олена Котовенко, Олена Мірошниченко

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
ddanilenko81@gmail.com, kotovenko_ea@ukr.net, elenamiroshka@ukr.net*

Нафтогазова галузь є однією з найважливіших не тільки в рамках паливно-енергетичного комплексу економіки, але й у функціонуванні економіки в цілому. В наш час в зв'язку з військовими діями на території України значно загострилася проблема ризиків виникнення аварійних ситуацій при функціонуванні всієї нафтогазової індустрії, а особливо нафтопроводів.

Збройна агресія вплинула на діяльність всієї галузі, що призвело до від'ємного приросту ВВП виробничих підприємств на 15%. Внаслідок військових дій ситуація в галузі значно погіршилась, пошкоджені газовидобувні та газотранспортні системи.

В той же час у світі все більш уваги надається вирішенню екологічних проблем що можуть виникати як спричинені самою природою (природними чинниками), так і носити антропогенний характер, причому останній чинник набуває все більш високого статусу.

Нафтогазова галузь України це складна система, яка складається з трьох підсистем (підгалузей): видобутку, транспортування та переробці нафти. Видобуток і транспортування нафти є потужними джерелами забруднення.

Як підкреслюють фахівці [1,2] найбільш екологічно-небезпечними та руйнівними для довкілля є забруднення пов'язані з аварійними розливами нафтопродуктів та супутніх пластових вод під час буріння свердловин і розкриття покладів із аномально-високим пластовим тиском. Великої шкоди екологічній системі завдають морські перевезення нафтопродуктів.

Мережа нафтопроводів України відіграє важливу роль у забезпеченні енергетичної безпеки України. Особлива увага повинна приділятися забезпеченню безпеки функціонування цих складних технічних систем.

Найнебезпечнішими складовими систем є витікання вмісту нафтових трубопроводів. Нафтові фракції є джерелом підвищеної пожежонебезпеки та вибухонебезпеки. Більшість аварій на нафтопроводах стаються внаслідок зношення (більше 1/3 нафтопроводів експлуатуються понад 30 років), через внутрішню корозію. Питома частота поривів всіх типів, як показує статистика, збільшилась від 0,131 до 0,247 випадків на км за рік. В середньому це 0,168 випадків на рік. Найбільша частота відмов характерна для нафтозбірних мереж родовищ.[2]

Порушення ґрунтового покриву відбувається при буріння видобувних свердловин та на стадії облаштування родовищ. Аварії на трубопроводах (нафтопроводах) призводять перш за все до забруднення ґрунтів, причому змінюється їх хімічний склад, властивості і структура. Ґрунти вважаються забрудненими нафтою і нафтопродуктами якщо збільшення концентрації цих

речовин піднімається до рівня при якому порушується екологічна рівновага в ґрунтовій системі, відбувається зміна морфологічних та фізико-хімічних характеристик ґрунтових горизонтів, змінюються водно-фізичні властивості ґрунтів, порушується співвідношення між окремими фракціями органічної речовини ґрунту, знижується продуктивність.

Наслідками просочування нафтою ґрунтів є:

1) Зміни у хімічному складі ґрунту, зміни властивостей і структури ґрунту. Перш за все це позначається на гумусовому горизонті – в ньому різко підвищується кількість вуглецю, але при цьому погіршується якість ґрунту як поживного субстрату для рослин. В той же час гідрофобні частинки нафти заважають зволоженню коріння рослин, що призводить до фізіологічних змін у всій рослині.

2) Зміни складу гумусу ґрунту, що на початку відбуваються в ліпідних і кислих компонентах ґрунту.

3) Різке порушення мікробіоценозу ґрунту, пригнічення фотосинтезу у рослинних організмів, яке насамперед позначається на розвитку ґрунтових водоростей.

Найбільш перспективним способом знезараження ґрунтів є окислення нафти і нафтопродуктів за допомогою ґрунтових мікроорганізмів. Є два шляхи очищення ґрунтів за допомогою мікроорганізмів – по-перше, при активізації метаболічної активності мікрофлори ґрунтів за рахунок агротехнічних прийомів, які сприяють змінам фізико-хімічних умов середовища; по-друге, при внесенні в забруднений ґрунт спеціально підібраних нафтоокислюючих мікроорганізмів.

Основними причинами аварій на нафтопроводах, що супроводжуються витоками нафти і нафтопродуктів, є:

- Механічне руйнування нафтопроводів і супутніх конструкцій внаслідок перепадів внутрішнього тиску, при дії зовнішніх сил, через корозію металу і при різкій зміні температури;

- Несправності обладнання насосних станцій, як основного, так і допоміжного;

- Несправності у системах контролю трубопроводів і насосних станцій;

- Несправності в системах безпеки;

- Порушення зварних швів і з'єднувальних фланців трубопроводів [3].

Тому на сьогодні є необхідною розробка методик та засобів діагностики та моніторингу технічного стану магістральних трубопроводів для нафти і нафтопродуктів. Також корисним буде визначення узагальнених вимог до критеріїв оцінювання, які були б придатними до застосування без обмежень технічного характеру. При цьому потрібно також враховувати, що аварії на нафтопроводах можуть призводити до забруднення значних площ.

Забезпечення безаварійної експлуатації трубопровідних систем здійснюється за допомогою різних підходів до оцінки корозійно-механічної дефектності металу труб, поєднання яких з методологією оцінки ризику і безпеки безсумнівно знизить ризик виникнення аварійних ситуацій на

магістральних трубопроводах. Продовження строку служби і забезпечення надійної працездатності трубопроводів, що експлуатуються в сучасних умовах, вимагає розробки комплексного методу оцінювання та прогнозування їхньої безпечної експлуатації.

Тому першочерговими завданнями для підвищення еколого-техногенної безпеки нафтогазового комплексу України є:

- Удосконалення системи екологічного моніторингу об'єктів нафтогазового комплексу, починаючи від родовищ і трубопроводів до сховищ і об'єктів експлуатації газу і нафти, на основі спостережень за змінами хімічного складу атмосфери і ґрунту, їх спектрально-фізичних параметрів
- Розробка методології оцінювання впливу масштабів руйнування магістральних трубопроводів та розмірів витоків на формування ареалів забруднення
- Розробка автоматичної системи діагностики та прогнозування стану трубопроводів
- Розроблення наукових основ та організація постійного екологічного аудиту на об'єктах нафтогазотранспортної інфраструктури.[4]

Література

1. Азаров С.І., Литвинов Ю.В., Сидоренко В.Л. Екологічна безпека як складова національної безпеки України //Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. 2021. Випуск 2(73). С. 142-146
2. Агаркова Н., Качинський А., Степаненко А. Регіональний вимір екологічної безпеки України з урахуванням загроз виникнення техногенних і природних катастроф. Київ: НІСД, 1996. 73 с.
3. Кривенко Г.М., Семчук Я.М., Возняк М.П., Возняк Л.В. Класифікація дефектів з'єднувальних трубопроводів підземних сховищ //Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. 2004. № 2(8). С.192-193
4. Екологічна безпека у нафтогазовій промисловості : конспект лекцій /В.С.Білецький та ін. : Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». Електрон. текст. дані. Харків, 2021. 175 с. [URL:http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54002](http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54002)

ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ СУЧАСНИХ МІСТ

Душкін Станіслав Сергійович

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
d.akass@ukr.net*

З моменту виникнення міст минуло не одне тисячоліття, і до теперішнього часу в місті як особливій соціально-просторовій організації населення з величезною кількістю екологічних проблем успішно вирішено лише деякі з них: улаштування центрального водопостачання та каналізації;

централізоване вивезення рідких і твердих побутових відходів. Однак, незважаючи на ці досягнення, сучасні міста продовжують стикатися з цілим рядом гострих екологічних викликів, що обумовлені високою концентрацією населення, промислових об'єктів та транспортних засобів. До таких проблем належать забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтів, шумове забруднення, утворення значної кількості відходів, дефіцит зелених насаджень, фрагментація екосистем, а також зростаючий вплив зміни клімату, що проявляється у підвищенні середніх температур, збільшенні частоти екстремальних погодних явищ та посиленні ефекту міського острова тепла.

У пошуках ефективних шляхів подолання цих екологічних проблем особливої актуальності набуває концепція зеленого будівництва – філософія та практика створення будівель з мінімальним негативним впливом на довкілля протягом усього їхнього життєвого циклу. Цей комплексний підхід охоплює проєктування, будівництво, експлуатацію та знесення будівель таким чином, щоб мінімізувати їхній негативний вплив на довкілля та забезпечити здорове і комфортне середовище для мешканців [1].

Зелені будівлі спроектовані та експлуатуються таким чином, щоб мінімізувати їхній вплив на навколишнє середовище. Вони споживають менше енергії та води, виробляють менше відходів і виготовлені з екологічно чистих матеріалів. Зелені будівлі також можуть забезпечити такі переваги, як підвищення комфорту, покращення якості повітря в приміщенні та зниження експлуатаційних витрат. Однак не треба плутати термін «Зелені будівлі» з «Екологічно чистими будівлями» - це ширший термін, який стосується будь-якої будівлі, яка позитивно впливає на навколишнє середовище. Це може включати зелені будівлі, а також інші будівлі, призначені лише для захисту або збільшення біорізноманіття, збереження природних ресурсів або зменшення забруднення та «Будівлі Net Zero» – це тип екологічних будівель, які, як і екологічні будівлі, надають пріоритет екологічній стійкості, але роблять це з особливим акцентом на досягненні нульового чистого споживання енергії та виробництві стільки енергії, скільки вони споживають протягом року. Це означає, що будівля не створює чистих викидів парникових газів. Будівлі з нульовим балансом можна досягти за допомогою поєднання заходів з енергоефективності, виробництва енергії з відновлюваних джерел та компенсації викидів вуглецю. У той час як зелені будівлі прагнуть до ресурсоефективності та цілісної стійкості, будівлі з нульовим виходом насамперед стурбовані енергетичним балансом.

Зелене будівництво розпочинається з ретельного відбору матеріалів, що мінімізують шкоду довкіллю та здоров'ю мешканців: екологічна деревина - застосування деревини з сертифікованих лісових господарств, де ведеться відповідальне лісокористування та відновлення лісових ресурсів, є запорукою збереження природних лісів, критично важливих для екосистеми планети; безпечні теплоізоляційні матеріали - використання екологічно чистих утеплювачів, що не містять токсичних компонентів, не лише підвищує енергоефективність, скорочуючи витрати на опалення та охолодження, але й

підкується про якість внутрішнього повітря; біорозкладні оздоблювальні матеріали для підлоги та стін які здатні до природного розкладання, наприклад підлогові покриття з бамбука чи кокосового волокна, які підлягають відновленню або вторинній переробці; вторинні матеріали для теплоізоляції що виготовляються з перероблених відходів, таких як скло, метал або алюміній, і дозволяють повторно використовувати цінні ресурси, знижуючи потребу у видобутку нових і зменшуючи таким чином антропогенний тиск на довкілля.

Наступним завданням зеленого будівництва є зменшення споживання енергії, а саме впровадження сонячних енергетичних систем, оптимізація теплоізоляції віконних та дверних конструкцій та забезпечення якісної теплоізоляції будівлі:

- інтеграція сонячних панелей дозволяє генерувати власну електроенергію, використовуючи безмежний та екологічно чистий ресурс – сонячне випромінювання. Це значно зменшує залежність від традиційних енергомереж, що живляться викопним паливом, та сприяє скороченню викидів парникових газів;

- встановлення енергоефективних вікон і дверей з високими показниками теплового опору мінімізує втрати тепла в холодну пору року та запобігає надмірному нагріванню приміщень влітку що істотно знижує потребу у використанні систем опалення та кондиціонування, заощаджуючи енергоресурси;

- ретельне утеплення зовнішніх стін, даху та підлоги створює надійний тепловий бар'єр. Використання сучасних ефективних теплоізоляційних матеріалів, таких як мінеральна вата або пінополістирол, запобігає витоку тепла взимку та проникненню спеки влітку, підтримуючи комфортний мікроклімат у приміщеннях з мінімальними енергетичними витратами.

Наступним аспектом екологічного будівництва є раціональне використання водних ресурсів [2]. Впровадження систем збору та повторного використання дощової води - застосування технологій збору дощової води дозволяє ефективно використовувати природні опади, які зазвичай втрачаються. Зібрана вода може знайти застосування для поливу зелених насаджень, потреб прання, зрошення газонів та інших господарських цілей, що суттєво скорочує споживання питної води з централізованих мереж; обладнання санвузлів економічними приладами - встановлення сантехнічного обладнання з низьким рівнем споживання води, такого як бачки для унітазів з подвійним зливом та змішувачі з аераторами, допомагає значно зменшити витрати води під час щоденних гігієнічних процедур та інших побутових потреб. Застосування вологостійких матеріалів в приміщеннях з підвищеною вологістю - використання спеціальних водонепроникних матеріалів, що запобігають поглинанню вологи та утворенню грибка у ванних кімнатах та інших вологих зонах, забезпечує довговічність конструкцій та гігієнічність середовища. Це також мінімізує ризик протікання та пов'язаних з ними втрат води.

Озеленення території та підтримка екологічної рівноваги є невід'ємною складовою зеленого будівництва. Створення природних фільтрів повітря за допомогою рослин - висадження дерев, кущів та інших рослин, відомих своїми властивостями поглинати забруднюючі речовини з повітря, сприяє очищенню довкілля та насиченню його киснем, створюючи здоровішу атмосферу. Формування екологічно збалансованого саду з використанням місцевих видів рослин, адаптованих до кліматичних умов та ґрунтів регіону, підтримує місцеве біорізноманіття та створює стійку екосистему, що не потребує інтенсивного догляду.

Інтеграція водних елементів для залучення біорізноманіття - створення невеликих водойм, таких як ставки або декоративні басейни, може стати привабливим середовищем для птахів, комах-запилювачів та інших представників місцевої фауни, сприяючи таким чином підтримці екологічної різноманітності а вибір невибагливої рослинності для сталого розвитку.

Організація простору для дикої природи, а саме створення спеціальних зон, таких як штучні гніздівлі для птахів та комах, невеликі резервуари з водою для водоплавних птахів, а також облаштування годівниць, сприяє залученню диких тварин до саду, збагачуючи біорізноманіття та підтримуючи природні екосистеми.

Цілеспрямоване використання багатофункціональності зелених насаджень відображається у двох сучасних тенденціях. Перша – це конкретизація та детальне опрацювання системи розміщення насаджень у генеральних планах міст та проєктах планування житлових районів. Друга – комплексний розвиток зелених зон, що охоплюють усі внутрішньо- та зовнішньоміські насадження. У межах міста, де процеси перетворення природних ландшафтів відбуваються активніше, ніж поза ним (Рис. 1), існують три типові стани ландшафту:

- природний, який зберігається і використовується в нових районах міста;
- перетворений і змінений, де природний ландшафт набув антропогенних рис;
- повністю перетворений «штучний» ландшафт у найбільш освоєних районах міста.

Зелені зони не лише прикрашають місто, а й виконують безліч важливих функцій. Вони очищують повітря, зменшують шум, регулюють мікроклімат, забезпечують місця для відпочинку та фізичної активності. Крім того, зелені насадження сприяють біорізноманіттю, покращують психологічний стан людей та підвищують загальну якість життя в місті. Сучасні підходи до озеленення міст враховують як екологічні, так і соціальні аспекти. Вертикальне озеленення, зелені дахи, міські сади та парки стають невід'ємною частиною міського ландшафту. Такі рішення дозволяють оптимізувати використання міського простору, створювати комфортні та естетичні середовища для проживання.



Рисунок 1. Шляхи формування флори і фауни міст (за В.Ф. Стольбергом) [3]

Елементи природного ландшафту є найважливішою складовою міських структур. На їхній основі виокремлюють чотири групи критеріїв оцінювання природних компонентів міського ландшафту: функціональні, санітарно-гігієнічні, естетичні та природоохоронні та шість груп функцій (біологічна, очищення повітря, зниження забруднення та шуму, регулювання температури, психологічне та соціологічне значення, естетичне значення) [4].

Підсумовуючи вищезазначене "зелене будівництво" є не просто актуальною тенденцією, а стратегічною необхідністю для забезпечення сталого розвитку міського середовища та підвищення добробуту його мешканців. Фундаментальним кроком у цьому напрямку є свідомий вибір екологічно відповідальних будівельних матеріалів, що закладає основу для створення екологічно безпечних та енергоефективних споруд. Особливої уваги заслуговує інтеграція зелених технологій в уже існуючий житловий фонд, що є одним із ключових завдань модернізації застарілих будівель з метою підвищення їхньої енергоефективності та екологічної безпеки. Розробка комплексних стратегій та цільових програм для впровадження зелених інновацій у старі будівлі здатна значно прискорити процес скорочення шкідливих викидів. Це охоплює не лише заміну неекологічних матеріалів на їхні стійкі альтернативи, але й активне впровадження енергоощадних технологій, оптимізацію інженерних систем (опалення, вентиляції, кондиціонування, освітлення), ефективне управління водними ресурсами, озеленення територій для покращення мікроклімату та підтримки біорізноманіття, а також використання потенціалу відновлюваних джерел енергії. Таким чином, всебічне застосування принципів зеленого будівництва є дієвим інструментом для розв'язання нагальних екологічних проблем

сучасних міст та формування більш здорового та комфортного життєвого простору для майбутніх поколінь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Srivastava, A., Singh, P., Janhavi, N.N., Singh, A. (2017). Green Buildings: Eco-friendly Technique for Modern Cities. In: Sharma, P., Rajput, S. (eds) Sustainable Smart Cities in India. The Urban Book Series. Springer, Cham.
2. Душкін С.С. Зелене будівництво та інженерні системи / С.С. Душкін // матер. III міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчен. «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ: КНУБА. 2024, С. 455-459.
3. Екологія міських систем : навч. посіб. Частина 1. / О. М. Климчик, А. П. Багмет, Є. М. Данкевич, С. І. Матковська, за ред. О. М. Климчик. – Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2016. – 460 с.
4. Gawroński Stanisław (2023). Rośliny ratujące środowisko – fitoremediacja [Plants for saving the environment- Phytoremediation]. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 92(1). <https://doi.org/10.5586/asbp/171278>

ЗЕЛЕНЕ БУДИВНИЦТВО ЯК КЛЮЧ ДО ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В МІСТАХ УКРАЇНИ

Дяченко Христина¹, Литвиненко Олександр²

*^{1,2}Київський національний університет будівництва і архітектури
kristidyachenko07@gmail.com*

1.Актуальність

У зв'язку з глобальними кліматичними змінами та необхідністю зменшення негативного впливу будівельної галузі на довкілля, зелене будівництво стає пріоритетним напрямом розвитку міст в Україні. На сьогодні міська забудова займає значну частку викидів CO₂ та споживання природних ресурсів. За останні роки Україна зробила значні кроки в напрямку впровадження екологічних технологій у будівництві, але рівень зеленого будівництва все ще суттєво відстає від європейських стандартів.

2. Визначення та основні принципи зеленого будівництва

Зелене будівництво – це комплексний підхід до проектування, зведення та експлуатації будівель, спрямований на мінімізацію негативного впливу на довкілля. Основні його принципи включають:

- Енергоефективність – зменшення споживання енергії завдяки сучасним методам утеплення, застосуванню відновлюваних джерел енергії та інноваційних технологій енергозбереження.
- Використання екологічно чистих матеріалів – застосування природних, безпечних для здоров'я та перероблених будівельних матеріалів.
- Оптимізація водокористування – запровадження систем збору та повторного використання дощової і стічної води для скорочення витрат водних ресурсів.

- Озеленення міських територій – створення зелених дахів, вертикального озеленення фасадів, а також використання природних механізмів вентиляції для покращення мікроклімату будівель.

Такий підхід сприяє зменшенню екологічного навантаження міст, підвищенню комфорту проживання та ефективному використанню природних ресурсів [1].



Рис 1. Зелена покрівля [1]

3. Основні екологічні виклики українських міст та роль зеленого будівництва

Основними екологічними загрозами, з якими стикаються міста України, є:

- Забруднення повітря – велика частина викидів припадає на опалення житлового фонду та промислові підприємства, що використовують застарілі технології.

- Високе енергоспоживання – за оцінками Міжнародного енергетичного агентства (IEA), будівлі в Україні споживають у 2-3 рази більше енергії на одиницю площі, ніж у країнах ЄС.

- Зменшення зелених насаджень – міська забудова витісняє природні екосистеми, що погіршує якість повітря та сприяє парниковому ефекту.

- Будівельні відходи – у 2022 році в Україні було утворено понад 20 млн тонн будівельних відходів, значна частина яких не переробляється.

Використання принципів зеленого будівництва дозволяє мінімізувати вплив цих факторів, інтегруючи енергоефективні та екологічні рішення у міську забудову [3].

4. Міжнародний досвід і проблеми екологічних міст у світі

Зелені міста стали важливою складовою глобальної стратегії сталого розвитку. Однак навіть у країнах, де активно розвиваються зелені ініціативи, існують певні проблеми. Зокрема:

1. Низький рівень реалізації на практиці. У багатьох розвинених країнах, таких як США, Німеччина та Великобританія, попри розвинену законодавчу та фінансову базу, зустрічаються труднощі з впровадженням принципів зеленого будівництва через високу вартість інвестицій, особливо для

приватних забудовників.

2. Конфлікти інтересів між екологічними та економічними цілями. У деяких містах (наприклад, у США та Китаї) відбувається суперечність між потребою скорочення викидів CO₂ та необхідністю економічного зростання, що призводить до затримок у реалізації «зелених» проектів.

3. Нестача доступних фінансів. Хоча зелене будівництво стає важливою частиною міжнародних політик, багато країн, особливо у Південній Америці та Азії, все ще стикаються з нестачею ресурсів для повної реалізації цих ініціатив. Це включає як обмежене фінансування, так і високі витрати на екологічно чисті технології.

4. Соціальна нерівність і доступність для широких верств населення. У багатьох містах, де екологічні ініціативи реалізуються переважно у багатших районах, часто існує проблема соціальної нерівності у доступі до екологічно безпечного житла та інфраструктури.

Враховуючи ці проблеми, можна стверджувати, що успішний розвиток зелених міст вимагає комплексного підходу, що включає не тільки технологічні та фінансові інновації, але й соціальну інклюзивність та взаємодію на всіх рівнях – від місцевих громад до урядів [2, 5].

5. Ключові технології зеленого будівництва та їх вплив на екологічну безпеку

Сучасні технології зеленого будівництва спрямовані на зниження споживання ресурсів, повторне використання матеріалів та створення комфортного мікроклімату. Основні екологічні рішення наведено у таблиці 1.

6. Зелена сертифікація будівель

У світі існують різні системи сертифікації зелених будівель: LEED (США), BREEAM (Велика Британія), DGNB (Німеччина) та інші. В Україні також розвивається сертифікація відповідно до міжнародних стандартів. Наприклад, бізнес-центр Astarta Organic Business Centre у Києві отримав сертифікат BREEAM, підтверджуючи відповідність принципам сталого будівництва [4].

7. Український контекст: проблеми та перспективи

Попри перспективи, поширення зеленого будівництва в Україні гальмується через:

1. Відсутність дієвої законодавчої бази.
2. Високу вартість впровадження екологічних технологій.
3. Недостатню підтримку держави та муніципалітетів.
4. Низьку обізнаність забудовників та споживачів щодо переваг екологічних будівель.

Для подолання цих проблем необхідно:

- Впровадити економічні стимули для забудовників (податкові пільги, гранти, державні програми підтримки).
- Посилити законодавче регулювання у сфері енергоефективності та переробки будівельних відходів.
- Популяризувати екологічну сертифікацію серед забудовників

Таблиця 1

Основні технології зеленого будівництва та їх вплив на екологічну безпеку

Технологія	Принцип роботи	Екологічний ефект
Зелені дахи та стіни	Використання рослинності на будівлях	Покращення якості повітря, зниження температури в містах (ефект теплового острова)
Енергоефективні фасади	Використання теплоізоляційних матеріалів	Зменшення тепловтрат, скорочення споживання енергії
Системи збору та повторного використання води	Використання дощової води для технічних потреб	Скорочення споживання питної води, зниження навантаження на міську каналізацію
Відновлювані джерела енергії	Сонячні батареї, вітрові установки, геотермальні насоси	Зменшення залежності від традиційних енергоносіїв, скорочення викидів CO ₂
Переробка будівельних матеріалів	Використання вторинних матеріалів у будівництві	Зниження кількості відходів, зменшення споживання природних ресурсів



Рис 2. Модель будинку [4]

8.Висновки

Зелене будівництво є важливим інструментом забезпечення екологічної безпеки міст України. Його впровадження сприяє покращенню якості життя населення, зниженню енергоспоживання та зменшенню негативного впливу будівельного сектору на довкілля. Для ефективної імплементації зелених технологій необхідна державна підтримка, розробка фінансових механізмів стимулювання та підвищення обізнаності громадськості щодо переваг екологічного будівництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба статистики України. (2023). Основні екологічні показники міст України.
2. Міжнародне енергетичне агентство (IEA). (2023). Звіт про енергоефективність будівельного сектору.
3. Європейська комісія. (2022). Політика циркулярної економіки у будівництві.
4. Green Building Council Ukraine. (2023). Стан та перспективи розвитку зеленого будівництва в Україні.
5. US Green Building Council. (2023). LEED certification standards.

ПРАВОВІ ОСНОВИ ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ БОЙОВИХ ДІЙ МЕТОДАМИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА

Єгоров Владислав Володимирович

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
egorov.1977@email.ua*

Важливо зазначити, що пріоритетним напрямком відновлення України, як вважають, повинна стати відповідність цінностям та стандартам «зеленої економіки». Так, 22 квітня 2022 р. було створено Національну раду з відновлення України від наслідків війни [7]. Поряд з тим, необхідність «зеленого відновлення» у єдиній позиції заявили також громадські об'єднання України.

Дослідники наголошують, що російське вторгнення в Україну створило економічні передумови для прискорення імплементації Європейської Зеленої Угоди в різних сферах, зокрема й у сільському господарстві. Завданням цієї угоди убачають перетворення Європи на кліматично нейтральний простір до 2050 р., коли очікують на появу принципово нової моделі аграрного виробництва, яка базується на стійких практиках органічного та вуглецевого землеробства. Як зазначають дослідники, за таких умов, найменш розвинені держави, а також ті, що розвиваються, гіпотетично збільшать виробництво та експорт власної агропромислової продукції. Важливо зазначити, що однією з основ угоди – це відмова від неефективних виробництв. Замість цього мають з'явитися виробництва де відходи одного з виробництв мають стати сировиною для іншого. Отже, на думку дослідників, «зелена» модель післявоєнного відновлення економіки України також має базуватись на створенні високотехнологічних виробництв, які будуть конкурентоздатними на внутрішньому та зовнішньому ринках. Відзначають декілька принципів, на котрих має спиратися така модель відновлення. Серед вказаних принципів звертають увагу на наступні: інтеграція екологічної та кліматичної політики у всі сектори; відновлення країни має слугувати потребам українців та сприяти сталому розвитку України; розвиток зеленої економіки; встановлення екологічних стандартів на всіх рівнях; прихильність до європейських методів

екологічного планування відновлення України; підвищення ролі місцевого самоврядування, прозорість та залучення громадськості та спільнот у процес прийняття рішень; ефективне функціонування та використання цільових/донорських засобів для повоєнного відновлення та розвитку «зеленої» економіки [10,с.345,347].

Водночас, дотримання стандартів та цінностей зеленої економіки, отже забезпечення здійснення зеленого будівництва як основи для подолання наслідків численних руйнувань заданих війною деякі дослідники убачають можливим через низку правових актів та угод . Серед них згадують перш за все Статут ООН, Загальну декларацію прав людини(1948 р.), Пакт про цивільні та політичні права людини (1976 р.), Декларації Стокгольмської конференції з проблем навколишнього середовища(1972 р.), Конвенції про оцінку впливу на довкілля в транскордонному просторі (1981 р.), Конвенції про біологічну різноманітність (1992 р.) та інші міжнародні акти та угоди. Загальною правовою базою можуть слугувати норми Законів України «Про державну допомогу суб'єктам господарювання», «Про державно-приватне партнерство», «Про індустриальні парки», частково Закон України «Про благоустрій населених пунктів» (2005 р.) ст.1- 4 та розділ VIII Господарського кодексу України щодо встановлення різноманітних спеціальних режимів господарювання. В усіх зазначених нормативно-правових актах, угодах, законах та кодексі закріплені механізми державної допомоги, підтримки, стимулювання окремих типів і видів господарської діяльності [8,с.81;5].

Також, як зазначають дослідники, на теперішньому етапі виникла потреба в розробка комплексної програми та алгоритмі дій щодо екологічної оцінки та відтворення земель сільськогосподарського призначення. Залежно від ступеня та характеру забруднення, заходи з відтворення земель можуть включати як механічний обробіток ґрунтів, їх поліпшення внесенням добрив, чи очищенням за допомогою сорбентів. Можливі також й більш складні способи рекультивації, пов'язані із демонтажем фортифікаційних споруд та перенесенням родючого ґрунту на порушені території. Частина територій, зокрема тих що наближені до лінії зіткнення, де використовувались (продовжують використовуватися) широкий перелік засобів ураження містять підвищений рівень забруднення речовинами, уламками, вибухонебезпечними предметами, очищення від котрих потребуватиме тривалого у часі періоду робіт щодо розмінування та очищення територій. Отже, постає необхідність здійснення консервації таких ділянок, що є досить складною із юридичної та економічної точки зору проблемою. Цю складність, як зазначають дослідники, доповнює та обставина, що більшість земель сільськогосподарського призначення, що зазнали забруднення внаслідок воєнних дій нині є у приватній власності. Водночас, законодавство не містить ефективного механізму проведення консервації земель, особливо коли такі дії пов'язані із необхідністю їх вилучення у власника для вилучення з використання. Отже, потребується законодавче врегулювання питання консервації земель, а також визначення джерел компенсації власникам забруднених земель [2,с.46].

Серед правових проблем відновлення збитків від наслідків бойових дій є, як зазначають дослідники наявність методик для відшкодування збитків від наслідків надзвичайних ситуацій воєнного характеру. Цю проблему пропонують вирішити на законодавчому рівні, шляхом розробки та прийняття самостійної методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій воєнного характеру або шляхом внесення змін до чинних урядових рішень, котрі містять зокрема невідповідність більш пізньому чинному законодавству, зокрема деяким статтям Лісового кодексу України (29.03.2006 р.) передбачає поділ лісів за екологічним і соціально-економічним значенням на захисні ліси, рекреаційно-оздоровчі, природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення та експлуатаційні ліси, невідповідність більш сучасним урядовим рішенням (03.11.2021 р.), щодо грошової оцінки землі на території АР Крим. [3,с.185].

Дослідники звертають увагу на ту обставину, що українське законодавство містить інструменти для повоєнного відновлення (відтворення) природних ресурсів. Серед них звертають увагу на процеси консервації, рекультивації [1,с.179]. Складовою цих процесів є проведення технічної оцінки території, що постраждала внаслідок бойових дій, з метою визначення обсягів робіт, видів робіт та потреб в ресурсах; видалення з постраждалих територій залишків бойових дій, мін і вибухонебезпечних предметів; очищення території від сміття, руйнувань і інших матеріалів. Він включає також відновлення та реконструкцію інфраструктури; відновлення ґрунтів та ландшафту, які включають у себе відновлення ґрунтового та рослинного покриву і організацію дренажної системи. Очищення, може здійснюватися й шляхом зняття, утилізації забрудненого родючого шару ґрунту, промити ґрунт [6,с.157-158].

Наступним природнім кроком, як зазначають дослідники, є необхідність здійснення заліснення, залуження деградованих та техногенного забруднених земель, створення об'єктів рослинного світу, лісорозведення, розведення об'єктів тваринного світу. Цей перелік дій визначають як обов'язкові складові здійснення повоєнного відновлення. Водночас, окрім згаданої необхідності в розробці національних програм з відновлення довкілля та його природних ресурсів, є актуальним також приєднання до європейських та міжнародних екологічних програм. Серед цих програм відзначають європейську програму«LIFE», котра була прийнята у червні 2022 р. Цю програму визначають інструментом фінансування ЄС для діяльності в сфері навколишнього середовища та клімату. Він може забезпечити Україні фінансові надходження щодо прискорення виконання завдань екологічного відновлення територій України та забезпечення еколого-ресурсної безпеки [1,с.185].

Водночас, вказана програма передбачає, що за умови участі держава Україна та /або українські юридичні особи мають робити операційний та членський внески. Операційний внесок вираховується як відношення валового внутрішнього продукту (ВВП) України за ринковими цінами до ВВП

Європейського Союзу за ринковими цінами. Ринкові ціни, які застосовуються, визначаються спеціальними службами Комісії на основі найновіших статистичних даних, доступних для розрахунків бюджету в році, що передує року, в якому має бути сплачено щорічний внесок. У випадку, якщо внесок не здійснюється, то Україну можуть повідомити про зупинення дії цієї угоди. В угоді зазначено, що участь України в цій програмі також знаходиться під постійним контролем Європейської комісії. Окремі правила щодо використання коштів Євросоюзу викладені в окремому додатку до угоди, ці правила спрямовані на здійснення фінансового контролю та протидії шахрайству. Важливо також наголосити, що останні роки внаслідок бойових дій відбувалося значне скорочення ВВП України, що суттєво змінило його співвідношення з державним боргом. (на що Європейський союз звертає особливу увагу) [4].

Ці обставини впливають на коригування обсягів внесків України щодо участі в програмі.

Додатки до угоди передбачають можливість отримання представниками Європейської Комісії а також Європейського бюро протидії шахрайству (OLAF) доступу до усієї інформації, приміщень, робіт та документів фізичної/юридичної особи та третіх осіб котрі отримують фінансування від Європейського союзу відповідно до п.1, 2 ст.1, та п.1-13 ст.2 Додатку 2 до угоди Рациональне фінансове управління. Стаття 3 цього додатку передбачає відшкодування претензій (якщо такі виникнуть) з боку Європейського союзу урядом України. А судовий розгляд суперечок передбачено в п.2,3 Статті 3 Додатку до цієї угоди. Стаття 4 Додатку окремо регламентує надання та обмін інформацією, документацією щодо використання коштів пов'язаних з укладенням контрактів та угод передбачених для реалізації цієї програми[9].

Підсумовуючи, слід зазначити що на думку багатьох дослідників саме у тривалій перспективі лише «зелена економіка» може бути основою для забезпечення постійного розвитку держав на основі ефективнішого ресурсного та енергоспоживання, зменшення шкідливого впливу на довкілля та розвитку соціально інтегрованого суспільства. Реалізація подібних планів в Україні, в умовах повоєнної відбудови буде залежати від вирішення низки взаємопов'язаних фінансових та перш за все правових проблем (протиріч) вирішення котрих значно поживає залучення фінансових ресурсів до процесу подолання низки екологічних проблем та рекультивації земель України.

ЛІТЕРАТУРА

1.Бредіхіна В. Л. Правове забезпечення еколого-ресурсної безпеки в умовах воєнного стану .Еколого-правова безпека суверенної держави в умовах воєнного стану : матеріали наук.-практ. онлайн-конференції (Харків, 8 груд.2022 р.). МОН України, Нац. юрид. ун-тім. Ярослава Мудрого, Каф. екол. права, Каф. права Європ. Союзу, Рада молодих вчених. Харків : Право, 2022.С.179-185.

2.Гопцій Д., Анопрієнко Т. Забруднення земель в Україні внаслідок війни: оцінка масштабів проблеми та пошук шляхів її вирішення. Екологічна і біологічна безпека в умовах війни: реалії України. Збірник матеріалів науково-практичної конференції (Україна, Київ, 19-20 липня 2023 р.). Київ. 2023. С.46-49.

3.Гордєєв В. І.Правові проблеми відшкодування екологічної шкоди в умовах воєнного стану. Еколого-правова безпека суверенної держави в умовах воєнного стану : матеріали наук.-практ. онлайн-конференції (Харків, 8 груд.

2022 р.). МОН України, Нац. юрид. ун-тім. Ярослава Мудрого, Каф. екол. права, Каф. права Європ. Союзу, Рада молодих вчених – Харків : Право, 2022. С.185-190.

4.Договір про заснування Європейської Спільноти (Договір про заснування Європейського економічного співтовариства URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_017#Text)

5.Закон України «Про благоустрій населених пунктів» Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2005, № 49, ст.517) № 2807-IV 6 вересня 2005 року URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15>

6.Колганова І.Г.До правил розроблення робочих проектів землеустрою щодо рекультивації земель, які постраждали внаслідок ведення бойових дій. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: мат Міжн. наук.-практ. конф секція 1: Біоекономіка і соціальні виклики у формуванні продовольчої безпеки та якості життя (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ, 2023. С.157-158.

7.Національна рада з відновлення України від наслідків війни.URL : <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/konsultatyvno-doradchi-orhany/nacionalna-rada-z-vidnovlennya-ukrayini-vid-naslidkiv-vijni>

8.Трубчанінова А. С., Лозо О. В. Екологічні інновації в системі зеленої економіки (правовий аспект). Науково-практичний журнал «Екологічне право», 2022.Вип.3-4. С. 80-85.

9.Угода між Україною та Європейським Союзом про участь України у Програмі ЄС LIFE - Програмі дій з довкілля та клімату. {Угоду ратифіковано Законом Верховної Ради України [№ 2590-IX від 20.09.2022](#)} URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_002-22#Text

10.Файчук О.М., Файчук О.В. Вплив війни в Україні на імплементацію Європейської зеленої угоди для сільського господарства Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: мат Міжн. наук.-практ. конф секція 1: Біоекономіка і соціальні виклики у формуванні продовольчої безпеки та якості життя (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ, 2023. С.345-348.

РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА У МІСТОБУДУВАННІ

*Зигун Аліна Юрївна¹, Ніколаєнко Дмитро Миколайович²,
Плешинець Артем Васильович³*

*¹Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»,*

¹alinazygun@gmail.com, ²dmitriynikolayenko3185@gmail.com,

³artem121197333@gmail.com

Виклики ХХІ століття постають на глобальному рівні, зачіпаючи соціальні процеси, клімат та природу на багатьох рівнях людського існування, які безпосередньо впливають на стан та благополуччя людини. Зміна клімату, виснаження природних ресурсів, урбанізаційний тиск, військові загострення та виклики сталого розвитку міст потребують переглядів у підході формування стратегічних програм розвитку містобудування. Новітніми аспектами та методами підходів у інтеграції розвитку та урбанізації міст є розвиток екологічно збалансованих транспортних систем та впровадження «зелених» технологій у проектуванні міст. Запровадження екологічного транспорту та екологічно ефективної архітектури мають стати новітніми інструментами формування сталого розвитку міського середовища в Україні.

Концепція сталого розвитку запропонована у «звіті Брундтланд», передбачає собою систему задоволення потреб населення без загроз майбутніх поколінь [1]. У контексті містобудування та міського середовища цей концепт застосовує такі аспекти як екологічні, економічні та соціальні моменти життя населення. При цьому зелені технології які запроваджуються у міських просторах міст, будівлях і споруд, розглядаються як пріоритетно-нейтральний підхід кліматичного та мікрокліматичного формування у містах, що сприяє комфортному життю.

Міста, в яких запроваджуються системи екологічно чистого транспорту, проводять перегляд існуючого стану всієї електрифікації міста з відповідними заходами до ремонтів та відновлення електричних підстанцій. Такі системи запроваджуються з метою декарбонізації мобільності міста, міських громадських сполучень та установа споруд для обслуговування електричних автомобілів, що, у свою чергу, дає змогу знизити рівень викидів парникових і вихлопних газів, та зменшити рівень шумового забруднення в міському середовищі. Водночас інституційна нестабільність і фрагментарність планування обмежують масштабність їх впровадження.

Зелене будівництво уособлює собою концепцію та новітні підходи. Основними критеріями, які дотримуються та передбачаються на стадії проектування будівель і споруд, є енергоефективність та використання відновлювальних джерел енергії. Результатом цього є досягнення максимального рівня енергоефективності та ресурсозбереження після введення в експлуатацію будівель з присвоєнням відповідного класу енергозберігання. Дотримання ергономічності під час проектування систем

водо-, електро- постачання та вентиляції дозволяє знизити вуглецевий слід будівельних матеріалів, що, в свою чергу, мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище після введення в експлуатацію.

Реалізація принципів Transit-Oriented Development (TOD) дає визначення та механізми взаємодії між екологічним транспортом та зеленим будівництвом, що забезпечує інтеграцію міста з підвищенням якості життя, зменшенням енергоспоживання та збереження природного середовища за рахунок зменшення споживання природних ресурсів [2]. Інтеграція міського середовища базується на компактній забудові середніх та малих міст, зокрема це будівлі з наданням послуг, офісні та бізнес – центри. Використання зелених технологій сприяє поліпшеному сприйняттю людиною середовища. Одна з переваг – це вирівнювання економічного потенціалу між громадами. Відповідно, ця концепція створює цілісну структуру системи сталого розвитку міських просторів, інтеграцію просторового планування зі зменшенням енергоспоживання.

Сучасна сертифікація в Україні потребує ретельного перегляду щодо методів оцінки та підходів до експертизи новітніх технологій, які запроваджуються на території держави та використовуються у проєктах сучасних забудов. Зелене будівництво, в свою чергу, обов'язково проходить через системи перевірки та сертифікаційні системи якості, зокрема BREEAM, LEED, DGNB та WELL. Ці стандарти охоплюють перевірку на відповідність європейських нормативам, таким критеріям, як енергоефективність будівель, вплив мікроклімату на середовище та простір людини, водо- й електроощадні технології, комфорт та екологічну оцінку будівельних матеріалів, тощо. В Україні такі підходи лише починають розвиватися.

Зважаючи на потребу у модернізації міського простору в умовах післявоєнної відбудови, Україна має унікальну можливість впровадити принципи зеленого будівництва та вийти на новий рівень урбанізації міст. Доцільно започаткувати принципи TOD на регіональних рівнях та стимулювати стале будівництво разом з цими аспектами. Включити їх у генеральні плани міст, які потребують оновлення, розробити карту декарбонізації транспорту та теперішній стан забрудненості міст, створити законодавчу базу для оцінки та критеріїв впливу будівництва на навколишнє середовище. В Україні активно запроваджуються стратегії та програми комплексного відновлення громад та після військового відновлення за участю європейських спільнот та інвестиційних банків. Зокрема, комплексні заходи розроблені та затверджені на регіональному рівні, є у Полтавській області, на території Миргородського району [3]. Загальний план включає в себе врегулювання пріоритетів з урахуванням думки місцевого населення, захисту навколишнього природного середовища та природних ресурсів, просторове планування та землекористування, охорони культурної спадщини, розвитку транспорту та інженерної інфраструктури [3]. На початку повномасштабного вторгнення велосипедна інфраструктура стала ключовим аспектом мобільності та опорою для працівників критичної інфраструктури при

відсутності громадського транспорту, що стало запорукою для надання гуманітарної, медичної та професійної допомоги. Такий виклик сприяв створенню програми розвитку велосипедної інфраструктури Миргорода до 2027 року яка включена до програми комплексного відновлення.

Досвід європейських країн демонструє реалізовані можливості інтегрованого простору міського середовища, де екологічний транспорт та енергоефективна архітектура взаємодіють з багатьма критеріями сталого розвитку. До прикладу, у Копенгагені 60% населення користується велосипедами. Така тенденція велосипедної інфраструктури існує завдяки організованості міського простору з боку влади та ініціатив місцевого населення, дотриманню великої кількості критеріїв організації та інтеграції урбанізму між містами та невеликими громадами, де базується велика кількість підприємств, де робочі місця для місцевого населення існують у пішохідній доступності [4]. У листопаді 2020 року міська рада Ванкувера затвердила Climate Emergency Action Plan (CEAP) — п'ятирічну стратегію, що містить шість основних напрямків та 19 конкретних дій. Головна мета плану — скоротити викиди вуглецю на 50% до 2030 року [5].

Комплексний підхід у запровадженні розвитку екологічного транспорту та зеленого будівництва на державному рівні при формуванні сталого розвитку з інтеграцією у містобудівну політику України сприятиме розвитку життя населення на абсолютно новому рівні. Декарбонізація, зменшення рівня шуму, економія та ергономіка ресурсів стане гарантом екологічної безпеки, що сприятиме гармонійного розвитку людини в такому суспільстві, де важливо залучати міжсекторіальну співпрацю, державні органи, громади та забудовників з науковими установами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development (Наше спільне майбутнє). – Oxford: Oxford University Press, 1987. – 400 с.
2. Calthorpe P. The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream. – New York: Princeton Architectural Press, 1993. – 175 с.
3. Програма комплексного відновлення території Миргородської територіальної громади / Міністерство розвитку громад та територій України, Полтавська обласна військова адміністрація, Миргородська міська територіальна громада. – Миргород, 2024. – 139 с.
4. Good, Better, Best: The City of Copenhagen's Bicycle Strategy 2011–2025 / City of Copenhagen, Technical and Environmental Administration. – Copenhagen, 2011. – 52 с.
5. Climate Emergency Action Plan / City of Vancouver. – Vancouver, 2020. – 80 с.

ПОБУДОВА СТІЙКОГО МАЙБУТНЬОГО: ПРОЄКТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ БУДІВЕЛЬ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА

Валерія Іваненко

*Миколаївський національний аграрний університет
valeria857@ukr.net*

Руйнівна війна в Україні завдала величезних збитків житловому комплексу. Мільйони людей змушені були залишити свої будинки [1]. Ця трагедія надала можливість відновити зруйновані житлові будинки за допомогою екологічно чистого дизайну та технологій, що тягне за собою скорочення викидів парникових газів та перехід до більш зеленої економіки.

Існують перспективи та переваги проєктування екологічно чистих будівель та енергоефективного будівництва, але існують і міфи про зелене будівництво. Розглянемо їх.

Міф № 1 Зелене будівництво вже неактуальне. Світовий ринок збуту екологічно чистих будматеріалів щорічно отримує колосальні прибутки. При цьому прогнозується щорічне зростання зеленого будівництва не менш як 10% [2]. Такий еко-тренд лише набирає обертів. Українські перспективи просто величезні, в Україні ідеї зеленого будівництва реалізовані лише 8%.

Міф № 2 Зелене будівництво - надто дороге задоволення. Наголошуємо, поруч із дорогими екологічними будматеріалами існують дешевші. Допомогою здешевлення експлуатації та обслуговування такої будівлі є встановлення енергозберігаючого обладнання. Пластикові вікна, хороша ізоляція може бути економією при додаткових фінансових витратах.

Міф № 3 Зелене будівництво це неестетично. Екологічні технології будівництва сучасних споруд, а не примітивних хатин із солом'яним дахом. Еко-будинки може бути зведений у певному стилі та мати власне «обличчя». Тому природні матеріали, які використовуються при будівництві не обмежують існуючу різноманітність будівельного дизайну.

Міф № 4 Зелене будівництво неефективне. Зелене будівництво має головну мету - будівництво будинків з нижчим споживанням енергії та менш дорогими експлуатаційними витратами.

Ще до війни Україна робила перші кроки на шляху до зеленої економіки. 8,1% від загального обсягу споживання енергії в країні були відновлювані джерела енергії. Однак війна порушила цей прогрес, наголосивши на необхідності відновлення більш стійким способом [3]. У довгостроковій перспективі Україна, впроваджуючи принципи сталого проєктування може створювати будинки, які будуть не лише екологічно чистими, а й економічно ефективними. Ключову роль у зниженні впливу на навколишнє середовище та підвищенні енергоефективності будуть відігравати зелений дизайн будівлі та енергоефективні матеріали й встановлення відновлюваної енергії. Прийнявши екологічні методи проєктування будівель та енергоефективні методи будівництва, Україна може прокласти шлях до стійкішого майбутнього.

Розглянемо переваги, на нашу думку, проектування екологічно чистих будівель та енергоефективного будівництва: 1) зниження енергоспоживання: енергії на опалення, охолодження та освітлення. Таке призводить до зниження залежності від невідновлюваних джерел енергії [4]; 2) поліпшення якості повітря у приміщенні: зелені будівлі допомагають боротися зміною клімату за рахунок скорочення викидів парникових газів. За допомогою належної вентиляції та використанню нетоксичних матеріалів домагаються скорочення викидів вуглекислого газу, створюючи більш здорове середовище у приміщенні для мешканців; 3) економія витрат: заощадження грошей у довгостроковій перспективі досягається нижчими витратами на експлуатацію та технічне обслуговування енергоефективних будівель; 4) підвищений комфорт мешканців: пріоритет у зелених будинках віддається приємному середовищу, продуктивності праці [5] та благополуччю мешканців (тепловий комфорт, акустика та природне освітлення).

Проектування екологічно чистих будівель має бути стандартом в Україні. Для енергоефективного будівництва вирішальне значення має державна підтримка та реалізація ефективної політики. Важлива стимуляція практики сталого будівництва, а це: податкові пільги, гранти, знижки при інвестиціях в «зелене» будівництво.

Демонстрацією потенціалу зеленого будівництва є будівлі з нульовим споживанням енергії [6]. Інноваційні проекти включають наступні функції: сонячні панелі, енергоефективна ізоляція, інтелектуальні будівельні системи тощо. Такі проекти є моделлю для майбутнього сталого розвитку в Україні, демонструючи, що проектування екологічно чистих будівель вигідна справа.

У рамках зусиль щодо реконструкції житлового комплексу у повоєнний період розглядаються ініціативи по використанню екологічно чистих будівельних матеріалів та сертифікацію екологічно чистого будівництва.

Намагаючись знизити вплив на навколишнє середовище будуть запропоновані екологічно чисті методи, стійкі альтернативи традиційним будівельним матеріалам. Ці матеріали будуть сприяти досягненню сертифікації зеленого будівництва в Україні, відданість високим стандартам сталого розвитку.

Використання екологічно чистих будівельних матеріалів має низку переваг перед звичайними. Вони легкі, але їх міцні властивості роблять його привабливою альтернативою для будівництва житлових та комерційних будівель. Будівництво також включає концепцію деконструкції і повторного використання. Уламки пошкоджених будівель будуть утилізовані та перепрофільовані. Це економіка замкнутого циклу, вона зводить до мінімуму відходи.

Зрозуміло, уряд України буде наполягати на відновлення держави за зеленими методиками, це відповідає меті Європейського Союзу щодо досягнення кліматично-нейтральної економіки. Україна може створити більш екологічно чисте та стійке майбутнє. Для досягнення сталого розвитку вирішальне значення буде мати використання у проєктах методів зеленого

будівництва. Впровадження принципів зеленого будівництва може значно скоротити викиди вуглекислого газу від будівель та сприяти більш стійкій та низьковуглецевій економіці.

Але не зважаючи на зростання обізнаності та підтримки сталого розвитку, проблеми залишаються: доступ до фінансування; необхідність сильнішої національної політики; недостатня обізнаність громадськості. Широке впровадження практики зеленого будівництва вимагає розширення співробітництва між урядом, промисловістю та громадянським суспільством України. Подолання таких проблем та перешкод прокладе шлях до більш зеленого майбутнього.

Зусилля України отримали визнання та підтримку з боку Європейського Союзу. Амбітна стратегія нашої держави спрямована на перетворення економіки та інфраструктури України з упором на сталий розвиток та зелену реконструкцію найшла підтримку у вигляді фінансової допомоги та експертних знань.

План відновлення України створює основу для об'єднання зусиль українського уряду, міжнародних партнерів та Європейського Союзу щодо відновлення та пожвавлення країни. Підтримка Європейського Союзу забезпечує міцну основу для успіху. Досвід та ресурси для впровадження стійких практик та технологій прокладуть шлях до більш екологічного та процвітаючого майбутнього [7]. Підтримка України Європейським Союзом щодо зеленої реконструкції держави є свідченням важливості сталого розвитку та колективної прихильності до боротьби зі зміною клімату.

Отже, у майбутньому відновлення України має потенціал перетворити її на технології зелених інновацій. Ми впевнені, Україна буде мати стійке майбутнє заснованого на методах сталого будівництва. Реконструкція України може пом'якшити вплив на довкілля та створити більш зелене майбутнє для своїх громадян. За рахунок впровадження екологічно чистих будівельних матеріалів, методів енергоефективного будівництва Україна може скоротити викиди вуглекислого газу та сприятиме стійкішому розвитку. Відданість України сталому розвитку відповідає цілям Європейського Союзу щодо досягнення кліматично нейтральної економіки та зеленого майбутнього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курепін В. М., Іваненко В. С. Екологія та війна, погляд через минуле у майбутнє, глобальні виклики, загрози // *Ekologia i racjonalne zarządzanie przyrodą: edukacja, nauka i praktyka* [Zasób elektroniczny]: materiały z międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej (Łomża – Żytomierz, 15.11.2023 r.). Łomża : MANS w Łomży, 2023. С. 265-275. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/16200>.

2. Курепін В. М. Розвиток зеленого бізнесу в Україні. *Green Construction = Зелене будівництво* : матеріали III міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 16-17 квітня). Київ : Київський національний університет будівництва і архітектури, 2024. С. 188-192. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/17498>.

3. Юрченко К. Д. Покращення стану навколишнього середовища: концепція життєвого циклу. Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції : матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 23-25 жовтня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 172-175. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18923>.

4. Kurepin V. Environmental and climate consequences of negligent attitude to green landing in cities and populated points. Науково-практична конференція, присвячена Всесвітньому метеорологічному дню «На варті кліматичних дій» та Всесвітньому дню водних ресурсів «Вода для миру» (м. Київ, 22-23 березня 2024 р.). Київ, 2024. С. 149-151. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18867>.

5. Гнатюк Н. М. Дві сторони безпеки майбутнього: безпека та гігієна праці й екологічна політика підприємств. Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції : матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 23-25 жовтня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 121-124. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18917>.

6. Орешко К. Ф. Кліматично нейтральні малі та середні бізнес-компанії: уникнути, зменшити, компенсувати. Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти : матеріали VII всеукраїнської науково-практичної заочної конференції (м. Київ, 17 травня 2024 р.). Київ: МДУ, 2024. С. 34-37. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18296>.

7. Іваненко В. С., Курепін В. М. Наближення національного законодавства до міжнародних норм з питань безпеки праці // OSHAgro – 2023: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 3 жовтня 2023 р.). Київ: НУБіП України, 2023. С. 66-69. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15934>.

ПРО ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ГАЗІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

Євген Антипов¹, Юрій Франчук¹, Василь Кляпченко², Ірина Кузнецова²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування,
term_chair@nubip.edu.ua, franchuk196405@gmail.com

²Київський національний університет будівництва і архітектури,
klapchenko.vi@knuba.edu.ua, kuznetsova.io@knuba.edu.ua

Україна рухається курсом країн Європейського союзу, орієнтованим на поступове зменшення залежності від викопних джерел енергії від 96% до 75% та до збільшення частки відновлювальних джерел від 4% до 25%. В своїй Енергетичній стратегії [1] вона передбачає досягати такого результату за рахунок розвитку відновлювальних джерел енергії та модернізації систем

передачі енергії. Важливою складовою Стратегії є використання біогазів (наприклад, біометану), отриманих з біомаси побутових, промислових та сільськогосподарських відходів, та водню, видобутого в природі чи отриманого штучним шляхом. На сьогодні потенціал України щодо продукування біогазів складає, відповідно до Стратегії, 21,8 млрд м³/рік. В першу чергу це вплине на чистоту довкілля, зменшить викиди парникових газів та забезпечить децентралізацію генерації джерел енергії, що є дуже важливим. Але ще важливішим бачиться економічний ефект для України.

Європейські країни планують скоротити викиди парникових газів до нуля і стати кліматично нейтральним континентом до 2050 року. Для цього ЄС планує збільшити виробництво біогазів з 4,2 млрд м³/рік у 2023 році до 35 млрд м³/рік у 2030 році і до 90-125 млрд м³/рік у 2050 році. При цьому Україна може зайняти до 20% європейського ринку біометану, виробляти понад 20 млрд м³/рік біометану і залучати до 40 млрд євро інвестицій у цю галузь. Держава отримує робочі місця, валютні надходження від продажу біометану та значні надходження до бюджету країни.

В межах України для доставки біогазів споживачам варто скористатись вже існуючою інфраструктурою. В Україні побудовані розгалужені газотранспортна та газорозподільна системи. Це значно спрощує подачу біогазів споживачам, їх можна закачувати в існуючу газову мережу, економлячи значні кошти на розбудову та модернізацію окремих систем. Існуючі газові мережі України розраховані на постачання газу споживачам понад 100 млрд м³.

Державне регулювання повинно стимулювати виробників усіх видів штучних та альтернативних газів, щоб вони ставили за мету подачу виробленого газу в газотранспортну систему для отримання фінансової вигоди. Так, Закон України «Про ринок природного газу» [2] дозволяє подачу біометану за умови, якщо він «за своїми фізико-технічними характеристиками відповідає нормативно-правовим актам на природній газ». Тоді для всіх учасників ринку з надання цих послуг постане головне питання – технології виробництва газів та технологічні регламенти транспортування повинні бути узгодженими. Якість біогазів повинна бути прийнятною для безпечної роботи газового обладнання, зокрема і для використання цих газів як двигунного палива. Чинні документи, в основному, не суперечать між собою і в цілому визначають якість газового палива, що транспортується мережами [3-5]. Приведемо для цього порівняльну табл. 1.

Перспективним з точки зору екології складовим елементом, який можна використати для заміщення викопного метану, може бути водень. Його отримують як штучним шляхом (розкладання води на водень та кисень), так і добувають з природних джерел. Штучне виробництво водню є складним процесом, що супроводжується викидами парникових газів. Виявлення великих природних резервів може стати проривом у технології чистої енергії. Нові дослідження припускають, що в гірських масивах можуть існувати величезні резерви природного водню, які залишаються невикористаними.

Таблиця 1

Порівняння вимог щодо якості газу у різних нормативних документах

№ з/п	Показник	Кодекси ГТС, ГРМ	Технічний регламент (проект)	ДСТУ EN 16726:2019
1	Відносна густина	вимоги немає	мін. 0,555 макс. 0,700 (0,750)	мін. 0,555 макс. 0,700
2	Вміст метану, мол. %	мін. 90	вимоги немає	вимоги немає
3	Вміст етану, мол. %	макс. 7	те саме	те саме
4	Вміст пропану, мол. %	макс. 3	те саме	те саме
5	Вміст бутану, мол. %	макс. 2	те саме	те саме
6	Вміст пентану, мол. %	макс. 1	те саме	те саме
7	Вміст азоту, мол. %	макс. 5	те саме	те саме
8	Вміст вуглецю, мол. %	макс. 2	макс. 2,5 або 6,0 для ГРМ	макс. 2,5 або 4,0
9	Вміст кисню, мол. %	макс. 0,2 ГТС макс. 1,0 ГРМ	макс. 0,2 макс. 1,0	макс. 0,001 макс. 1,0
10	Вміст водню, мол. %	вимоги немає	макс. 0,5 або 5	вимоги немає
11	Вища теплота згоряння (25°C / 20°C) -мінімум -максимум	36,20 МДж/м ³ (10,06 кВт·год/м ³) 38,30 МДж/м ³ (10,64 кВт·год/м ³)	вимоги немає	Щодо теплоти згоряння, вимогу частково визначено в стандарті EN 437:2018. Вимоги на число Воббе немає
12	Нижча теплота згоряння (25°C / 20°C) -мінімум -максимум	32,66 МДж/м ³ (9,07 кВт·год/м ³) 34,54 МДж/м ³ (9,59 кВт·год/м ³)	вимоги немає	
13	Число Воббе, кВт·год/м ³	вимоги немає	мін. 13,4 макс. 16,1	
14	Метанове число	вимоги немає	вимоги немає	
15	Точка роси (°C) при тиску 3,92 МПа	не перевищує мінус 8°C	не перевищує мінус 8°C	не перевищує мінус 8°C при тиску до 7 МПа
16	Точка роси (°C) при температурі газу не нижче 0 °C	не перевищує 0°C	не перевищує 0°C	не перевищує мінус 2°C

В багатьох країнах світу в нормативних документах визначаються допустимі межі водню в сумішах з природним газом. В Україні вміст водню в мережах тривалий час не регламентувався як показник. Вперше така інформація з'явилась в проекті Технічного регламенту від 2024 року [4]. Використання водню розглядалось в роботах [5-8] (табл. 2).

Таблиця 2

Максимально допустима концентрація водню в газових мережах

Країна	Нідерланди	Німеччина	Франція	Іспанія	Австрія	Швейцарія
H ₂ , % об	12	10	6	5	4	4
Країна	Італія	Швеція	Бельгія	Велико-британія	Японія	Україна
H ₂ , % об	3	0,5	0,1	0,1	0	Невизнач.

Проведені аналітичні та експериментальні дослідження визначають діапазон обмежень по вмісту водню в газових мережах від 7% до 19% (в мольних долях). Обмежувальні умови до складу багатокомпонентної суміші газів з урахуванням чисельних значень нормативних вимог до основних показників газу можуть бути визначені за відповідними формулами [6,7]. Зокрема найжорсткіше обмеження (7%) вносить зниження теплоти згоряння газової суміші [5].

Вимоги до якості газу при використанні його в двигунах внутрішнього згоряння будуть дещо відрізнятись від вимог Кодексу ГТС [5] (табл. 3).

Таблиця 3

Основні вимоги до якості газу для двигунів внутрішнього згоряння

№ з/п	Назва показника	Значення
1	Об'ємна теплота згоряння нижча, МДж/м ³ , не менше	31,8
2	Відносна густина (у порівнянні з повітрям)	0,55-0,70
3	Розрахункове октанове число (по моторному методу), не менше	105
4	Концентрація сірководню, г/м ³ , не більше	0,02
5	Концентрація меркаптанової сірки, г/м ³ , не більше	0,036
6	Маса механічних домішок в 1 м ³ , не більше	1,0
7	Сумарна об'ємна доля негорючих компонентів, %, не більше	7,0
8	Об'ємна доля кисню, %, не більше	1,0
9	Концентрація парів води, мг/м ³ , не більше	9,0

Передбачається, що до кінця 2030 року у великих містах України приблизно 25% громадського транспорту працюватиме на електродвигунах, водневому паливі чи біогазі. А вже до 2033 року планується збільшити кількість такого громадського транспорту до 50% [2]. Це однозначно наблизитиме Україну до європейських екологічних стандартів.

Технологія виробництва електроенергії на природному газі проста і відпрацьована. Більш активне використання газу у порівнянні з вугіллям дозволяє не лише спростити технологію, але й зменшити логістичні витрати та покращити екологію. Розвиток генерації електроенергії з природного газу

може вирішити проблему балансування енергосистеми у разі надзвичайних обставин. Зокрема дезінтеграція джерел генерації енергії зменшує ризик виведення енергосистеми з ладу під час військових дій.

Перспективним є використання комбінованої енергетики: «природний газ плюс водень» та «природний газ плюс біометан». Ці технології активно впроваджуються у європейських країнах. Біометан може використовуватись як паливо для двигунів автотранспорту і для локального виробництва електричної енергії.

Українську газотранспортну систему можна розглядати як основу для розвитку децентралізованої балансуєчої газової генерації електроенергії. Така розгалужена, маневрена система дасть можливість працювати в умовах нестачі енергії та її надлишку, вона забезпечить зберігання надлишкової енергії з подальшим використанням у години пікового споживання.

При загальному позитивному ефекті використання водню і біометану залишається ще широке поле для детальних досліджень впливу таких газових сумішей на транспортні властивості мереж, на процеси дроселювання на ГРП, на стійкість матеріалів газових мереж та газового обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text>
2. Закон України «Про ринок природного газу». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19#Text>
3. Кодекс ГТС. https://tsoua.com/wp-content/uploads/2024/05/Pereklad_Kodeksu_GTS-as-of-01.05.2024.pdf
4. Технічний регламент природного газу. <https://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/1831.pdf>
5. Franchuk Y., Kosilov V., Kovalchuk Y. Determining the physical-chemical parameters of fuel mixtures of gas with hydrogen in gas networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 6 (132). P. 49-58. <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/318930/310277>
6. Франчук Ю., Коновалюк В. Використання біометану і водню у двигунах внутрішнього згоряння. *Вентиляція, освітлення і теплогазопостачання: наук. техн. збірник*. – вип. 48 – К. КНУБА, 2024. – с. 32-39. URL: <http://vothp.knuba.edu.ua/article/>
7. Франчук Ю., Коновалюк В. Аналіз відповідності складу газових сумішей нормативним вимогам до якості газу // Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали VI міжнар. наук.-прак. конф., 14-16 трав. 2024 р. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ – 2024. – 292 с., с. 125-128. <https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2024/05/conf2024.pdf>
8. Franchuk Yu., Konovaliuk V., Kyrychenko M., Liubarets O. JUSTIFICATION OF MEASURES TO IMPROVE STABILITY OF GAS DISTRIBUTION NETWORKS. 3rd International Scientific Conference «Engineering for Rural Development», Латвія, Єлгава, 22-24 травня 2024 р. <https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2024/Papers/TF053.pdf>

ОГЛЯД ТАКСОНОМЕТРИЧНИХ ЗАСАД ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ЗЕЛЕНОЇ УГОДИ

Ірина Клімова, Вячеслав Мойсеєнко

*Київський національний університет будівництва та архітектури,
klimova.iv@knuba.edu.ua, moiseienko.vv@knuba.edu.ua*

Питання змін клімату, глобального потепління та сталого розвитку – це глобальні виклики, які вимагають міжнародної співпраці і знаходяться в колі уваги фахівців з екології та раціонального природокористування. Слід зазначити, що галузь будівництва споживає матеріали та конструкції, в процесі виробництва яких відбуваються впливи на оточуюче середовище, а результат будівництва – будинки, споруди тощо – споживають природні ресурси та впливають на оточуюче середовище майже в усіх аспектах.

Питання сталого розвитку та боротьби з глобальним потеплінням найбільш системно, принципово і послідовно вирішуються в Європейському Союзі (ЄС). Європейський парламент 23 червня 2022 ухвалив резолюцію із закликом невідкладно надати статус кандидата на членство в Європейському Союзі для України. 23 червня 2022 року Європейська рада надала Україні статус кандидата на вступ до Європейського Союзу. 14 грудня 2023 року Європейська рада вирішила розпочати переговори про вступ України до Європейського Союзу, а 25 червня 2024 офіційно оголосили про початок переговорів [1].

Адаптація законодавства України до законодавства ЄС - це важлива складова вступу до ЄС, як і будь якої іншої країни, що ставить на меті членство в ЄС.

Тому концептуальні, нормативні і правові питання, на підставі, яких розглядаються згадані питання стосовно сталого розвитку та боротьби з глобальним потеплінням в ЄС, є важливим питанням і для екологів і для будівельників.

Розгляду таксонометричних засад передуює невеличка інтродукція до Європейської зеленої угоди (The European Green Deal). Оскільки саме для реалізації цього питання створювалися таксонометричні засади, які ми розглядаємо в цьому огляді.

Європейська зелена угода відображає прагнення Європи стати першим кліматично нейтральним континентом та забезпечити сталий розвиток для наступних поколінь.

Оскільки зміна клімату та погіршення навколишнього середовища становлять загрозу існування як для Європи так і для всього світу, в ЄС створено урядову програму, яка має перетворити ЄС на сучасну, ресурсоефективну та конкурентоспроможну економіку. При цьому анонсовано основні маркери досягнення мети: а) відсутність чистих викидів парникових газів до 2050 року; б) досягнення економічного зростання що не пов'язане з використанням ресурсів; в) результати повинні охоплювати всіх на всьому просторі ЄС.

Європейська комісія прийняла ряд пропозицій, щоб зробити кліматичну, енергетичну, транспортну та податкову політику ЄС придатною для скорочення чистих викидів парникових газів щонайменше на 55% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року (як проміжний маркер).

Формалізованим початком Європейської зеленої угоди вважають 2019 рік, коли Європейська комісія офіційно повідомила усіх про Європейську зелену угоду для Європейського Союзу (ЄС) та його громадян [2,3]. Було зазначено, що Європейська зелена угода є відповіддю на виклики, що пов'язані з глобальним потеплінням та екологічними проблемами. Це нова стратегія зростання, яка спрямована на перетворення ЄС на справедливе та процвітаюче суспільство з сучасною, ресурсоефективною та конкурентоспроможною економікою, де немає викидів парникових газів у 2050 році та де економічне зростання не пов'язане з використанням ресурсів. В документі [2] наводяться ключові політики і заходи, які необхідні для досягнення Європейської зеленої угоди. Зелена угода є невід'ємною частиною стратегії щодо реалізації Порядку денного ООН на період до 2030 року та цілей сталого розвитку.

Елементами Зеленого курсу в 2019 році були названі наступні концептуальні складові: а) посилення кліматичних амбіцій ЄС до 2030 та 2050 років; б) постачання чистої, доступної та безпечної енергії; в) мобілізація промисловості для чистої та циркулярної економіки; г) енерго- та ресурсоефективне будівництво та реконструкція; д) амбіція щодо нульового забруднення для чистого довкілля; е) збереження та відновлення екосистем та біорізноманіття; ж) справедлива, здорова та екологічна система продовольства; з) прискорений перехід до сталої розумної мобільності, під яким розуміється ряд заходів, що спрямовані на створення більш екологічно чистої, ефективної та доступної транспортної системи в Європі, що відповідає цілям сталого розвитку та боротьбі зі змінами клімату:

1) підтримка розвитку екологічно чистих транспортних засобів, таких як електромобілі, гібридні автомобілі та використання інших альтернативних видів палива;

2) інвестиції в розвиток ефективного та доступного громадського транспорту для зменшення залежності від автомобілів з двигунами внутрішнього згорання;

3) розвиток інфраструктури для зарядки електромобілів та інших видів сталого транспорту, а також покращення велосипедних доріжок і пішохідних зон;

4) використання цифрових технологій для покращення управління транспортними системами, що дозволить зменшити затори та підвищити ефективність перевезень;

5) встановлення цілей щодо зменшення викидів від транспортного сектору, зокрема через впровадження нових стандартів для автомобілів і вантажівок;

б) підтримка досліджень та інновацій у сфері сталого транспорту, включаючи нові технології та рішення для зменшення впливу транспорту на навколишнє середовище.

Важливою складовою реалізації Європейського зеленого курсу названо створення механізмів фінансування для підтримки переходу до зеленої економіки, включаючи Європейський фонд справедливого переходу. Також у Європейському зеленому курсі зроблено наголос на соціальній справедливості, яка полягає у підтримці регіонів і громад, які найбільше постраждають від переходу до зеленої економіки.

Європейська зелена угода (The European Green Deal) була розроблена на рівні керівних органів ЄС. А ось її реалізація охоплює дуже велике коло компаній в багатьох секторах економіки. Тому для реалізації Європейської зеленої угоди була створена відповідна таксономія, яка розкривається, як в пояснювальних, так і правових документах [4,5,6,7]. Як зрозуміли автори під час роботи над цим оглядом, це є певною методологією в діяльності ЄС – після створення концептуального документу для широкого загалу, виробляють роз'яснення для виконавців концептуального напрямку, які дозволяють компетентну і відповідальну реалізацію без відхилень від мети угоди або проекту. В [4] зазначається, що таксономія ЄС — це система класифікації, яка допомагає компаніям та інвесторам визначати «екологічно стійку» економічну діяльність для прийняття рішень щодо сталого інвестування. Екологічно стійка економічна діяльність описується як така, що «робить значний внесок принаймні в одну з кліматичних і екологічних цілей ЄС, водночас не завдаючи суттєвої шкоди жодній із цих цілей і дотримуючись мінімальних гарантій».

Таксономія ЄС не є обов'язковим списком для інвесторів. Вона не встановлює обов'язкових вимог щодо екологічної ефективності для компаній або фінансових продуктів. Інвестори можуть вільно вибирати у що інвестувати. Проте очікується, що з часом Таксономія ЄС сприятиме переходу до сталого розвитку для досягнення кліматичних і екологічних цілей ЄС.

Таксономія ЄС є одним із інструментів, який допомагає інвесторам визначати екологічно стійку економічну діяльність, сприяти переходу до нульового викиду вуглецю в майбутнє та спрямовувати фінансування на рішення для подолання кліматичної кризи та запобігання подальшій деградації навколишнього середовища. Результатом використання таксонометричних визначень є:

- а) створення орієнтирів для інвесторів і компаній;
- б) підтримка компаній в їхніх зусиллях щодо планування та фінансування свого переходу;
- в) захист від практик зловживання метою Зеленої угоди;
- г) допомога в пришвидшенні фінансування тих проектів, які вже є сталими, і тих, які виявляються потрібними в період переходу.

Основні аспекти таксономії ЄС включають:

- 1) Критерії сталості. Таксономія визначає чіткі критерії, яким повинні відповідати економічні діяльності, щоб вважатися екологічно сталими. Це

включає оцінку впливу на навколишнє середовище, зокрема викиди парникових газів, використання ресурсів та вплив на біорізноманіття.

2) Сектори діяльності. Таксономія охоплює різні сектори економіки, такі як енергетика, транспорт, сільське господарство, промисловість та будівництво. Кожен сектор має свої специфічні критерії.

3) Фінансування сталих інвестицій. Таксономія сприяє залученню приватних інвестицій у проекти, які відповідають критеріям сталості, що, в свою чергу, допомагає фінансувати перехід до зеленої економіки.

4) Прозорість і звітність. Таксономія також покликана підвищити прозорість на фінансових ринках, дозволяючи інвесторам легше ідентифікувати екологічно сталу діяльність і приймати обґрунтовані рішення.

5) Зобов'язання компаній. Компанії, які хочуть залучити інвестиції, повинні звітувати про свою діяльність відповідно до критеріїв таксономії, що підвищує їхню відповідальність за екологічні наслідки.

Висновки.

1) Як будівельники, першим пунктом звертаємо увагу, що енерго- та ресурсоефективне будівництво та реконструкція є окремою концептуальною складовою Зеленого курсу ЄС.

2) Європейський Зелений курс (The European Green Deal) це амбітна велика програма з неймовірно високими завданнями, в результаті яких відбудуться зміни на всьому просторі ЄС, а весь інший світ буде відчувати економічні та соціальні наслідки від переходу, який планується реалізувати до 2050 року.

3) Реалізація угоди пов'язана з великими обсягами фінансування і великою кількістю виконавців робіт.

4) Для реалізації угоди створені спеціальні таксонометричні засади, за допомогою яких будуть визначатися джерела фінансування, виконавці робіт та належність організацій та компаній до діяльності по імплементації угоди.

5) Таксономія ЄС для Зеленого курсу – це система класифікацій, що визначає, які економічні діяльності можуть вважатися екологічно сталими; таксономія ЄС була розроблена в рамках зеленого курсу з метою сприяння інвестиціям у сталий розвиток і досягнення кліматичних цілей ЄС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Україна на шляху вступу до ЄС [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://commission.europa.eu/topics/eu-solidarity-ukraine/ukraines-path-towards-eu-accession_uk - Дата звернення 17-04-2025.

2. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS The European Green Deal COM/2019/640 final [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640> - Дата звернення 17-04-2025.

3. The European Green Deal [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en - Дата звернення 17-04-2025.

4. EU taxonomy for sustainable activities [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en - Дата звернення 17-04-2025

5. EU Taxonomy Navigator [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/> - Дата звернення 17-04-2025.

6. Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation (EU) 2019/2088 (Text with EEA relevance) [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32020R0852> - Дата звернення 17-04-2025.

7. Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2178 of 6 July 2021 supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by specifying the content and presentation of information to be disclosed by undertakings subject to Articles 19a or 29a of Directive 2013/34/EU concerning environmentally sustainable economic activities, and specifying the methodology to comply with that disclosure obligation (Text with EEA relevance) [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R2178> - Дата звернення 17-04-2025.

СТАЛИЙ ДИЗАЙН ПРОДУКТУ ЯК ВАЖЛИВИЙ КРИТЕРІЙ ВИКОРИСТАННЯ РЕСАЙКЛІНГУ У ПВХ ПРОФІЛЯХ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Кожевніков Сергій Вікторович, Березницька Юлія Олегівна

Київський національний університет будівництва і архітектури,

slondie7@gmail.com

У сучасних умовах зростаючого обсягу відходів з полівінілхлориду (ПВХ) особливої важливості набуває пошук ефективних екологічних рішень у сфері будівельної промисловості. ПВХ профілі, які широко використовуються у віконних та дверних системах, мають тривалий життєвий цикл, але після вичерпання ресурсу створюють суттєве екологічне навантаження. Хоча технології ресайклінгу ПВХ вже впроваджуються, ефективність їх застосування значною мірою залежить від початкового підходу до проєктування виробу.

Концепція сталого дизайну передбачає розробку продуктів із урахуванням подальшого розбирання, переробки та мінімізації шкідливого впливу на довкілля. Однак у реальній практиці ці принципи часто ігноруються через технологічні або економічні бар'єри. Саме тому дослідження ролі сталого дизайну у формуванні умов для ефективного ресайклінгу ПВХ

профілів є вкрай актуальним. Це дозволяє не лише знизити кількість відходів, а й зробити переробку більш економічно доцільною та екологічно безпечною.

В умовах переходу до циркулярної економіки та посилення екологічного законодавства в Україні та ЄС, формування нових підходів до дизайну продукції з урахуванням її подальшої утилізації є стратегічно важливим завданням.

Для більш глибокого розуміння концепції сталого дизайну продукту як фактору, який на пряму впливає на формування екологічних принципів слід спочатку розглянути концепцію сталого розвитку в цілому та її основні принципи та тенденції.

Сталий розвиток — це концепція гармонійного поєднання економічного зростання, соціального добробуту та охорони довкілля з урахуванням потреб як нинішнього, так і майбутніх поколінь. Вона була офіційно сформульована у 1987 році в доповіді Брютланда "Наше спільне майбутнє". У глобальному контексті основою сталого розвитку є «Цілі сталого розвитку ООН» (SDGs), ухвалені у 2015 році. Вони охоплюють 17 ключових напрямів, серед яких: подолання бідності, чиста енергія, відповідальне споживання, боротьба зі зміною клімату та збереження біорізноманіття.

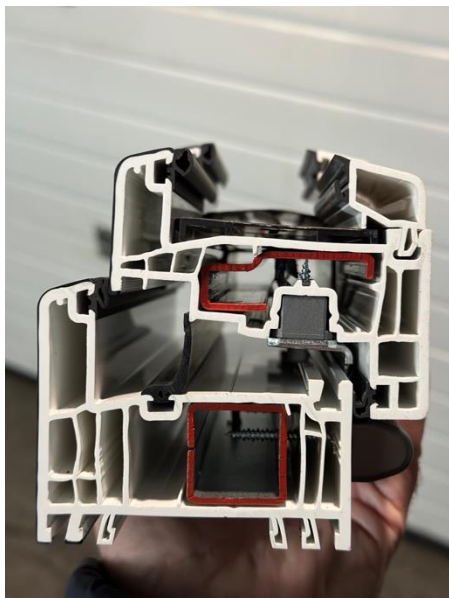
У Європейському Союзі сталий розвиток є фундаментом політики. Втілюється через Європейський зелений курс (European Green Deal), який передбачає перехід до кліматично нейтральної економіки до 2050 року, розвиток циркулярної економіки, екологічне сільське господарство, цифрову трансформацію та справедливий соціальний перехід. [1]

Таким чином, у Європі та світі сталий розвиток став не лише етичною нормою, а й стратегічним напрямом політики, що формує майбутнє людства та планети. Із базових принципів світової концепції сталого розвитку на цікавить напрямки, що стосуються саме циркулярної економіки, відповідального споживання та екологічної безпеки.

Перейдемо тепер безпосередньо до питання, як саме дизайн продуктів може вплинути на загальне екологічне навантаження, на які фактори він впливає і які наслідки може спричинити? Розберемо поняття сталого дизайну продуктів.

Сталий дизайн продукту (Sustainable Product Design) - це методологія проєктування, що не завдає шкоди навколишньому середовищу. Підхід до розробки виробів, який враховує **екологічні, соціальні та економічні аспекти** на всіх етапах життєвого циклу продукту — від вибору матеріалів до утилізації. При цьому враховується вплив на природу та здоров'я людини протягом усього життєвого циклу виробу. Таким чином, реалізація стосується ресурсозбережних виробничих процесів, тривалого строку служби або часу застосування, а також, що дуже важливо, надійної концепції перероблення.

Розглянемо це з прикладу пластикових віконних профілів, що виготовляються переважно з ПВХ. На рис.1 зображені два зразки профільних віконних систем, що виконані і спроектовані за різними принципами продуктового дизайну.



1. ПВХ профіль без додавання переробленого ПВХ (ресайклінгу)



2. ПВХ профіль з використанням переробленого ПВХ (ресайклінгу)

Рис.1. Приклади профільних віконних систем

Профільна система 1, зображена зліва, не містить переробленого ПВХ (рециклят) відповідно спроектована та екструдована* із використанням чистого ПВХ. Натомість профільна система справа більш сучасна, та була спроектована та екструдована відповідно до сучасних принципів сталого дизайну продукту та містить перероблений ПВХ (рециклят). У Європейському Союзі не встановлено жорстких нормативів щодо мінімального або максимального вмісту переробленого ПВХ (рецикляту) у віконних профілях. Однак існують галузеві ініціативи та екологічні стандарти, які заохочують виробників збільшувати частку рецикляту у своїй продукції.

Хоча законодавчо не визначено обов'язковий мінімальний відсоток рецикляту, багато виробників добровільно впроваджують його використання. Наприклад, компанія GEALAN у своїй лінійці LINAER використовує від 40% до 60% переробленого ПВХ у віконних профілях. Технологічно можливо виготовляти віконні профілі зі 100% переробленого ПВХ і деякі виробники профільних систем вже почали виробництво таких систем. [6]

Європейська ініціатива VinylPlus® об'єднує понад 200 виробників ПВХ-продукції, які добровільно зобов'язуються зменшувати вуглецевий слід та забезпечувати повну переробку матеріалу. Програма Recovinyl, частина цієї ініціативи, у 2022 році сприяла переробці понад 810 000 тон використаного ПВХ, з метою досягти 900 000 тон до 2026 року. [4]

Хоча європейське законодавство не встановлює конкретних меж для вмісту переробленого ПВХ у віконних профілях, галузеві ініціативи та екологічні стандарти стимулюють виробників до збільшення використання рецикляту. Це сприяє розвитку циркулярної економіки та зменшенню екологічного впливу виробництва віконних систем. [3]

Якщо сталий дизайн розглядати у контексті використання ПВХ-профілів для їх подальшої успішної утилізації, то слід відмітити наступні важливі чинники. Правильно спроектовані ПВХ профілі в концепції сталого дизайну мають:

- легко розбираються для сортування матеріалів,
- містять перероблений ПВХ без втрати якості,
- мають менш токсичні добавки або замінники важких металів,
- сумісні з існуючими системами ресайклінгу різних типів та методів.

Такий підхід (рис. 2) має підтримати **циркулярну економіку** та допомогти будівельній галузі зменшити свій вплив на довкілля.

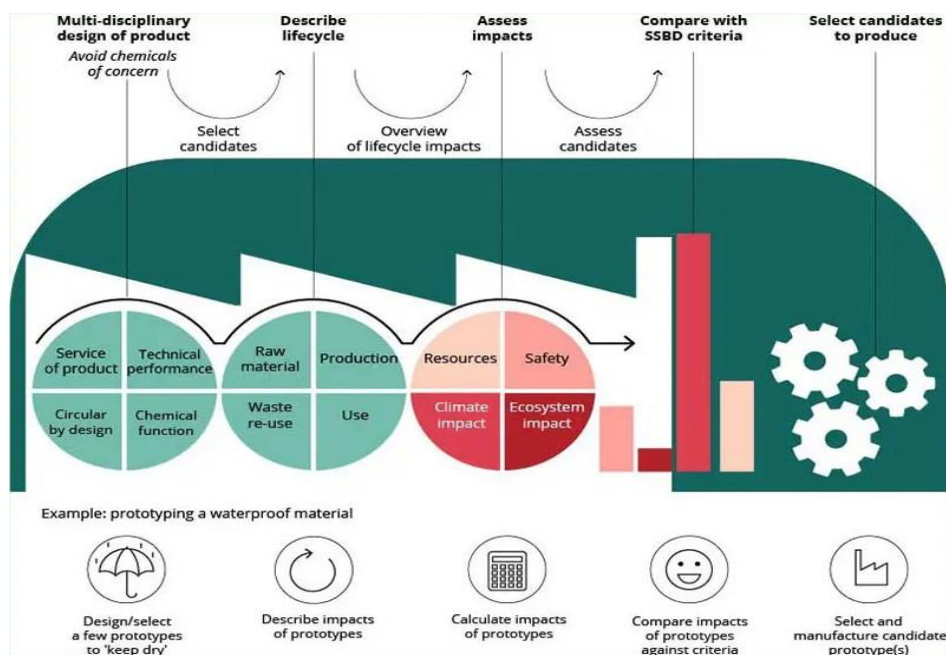


Рис.2. Підхід до сталого дизайну ПВХ-профілів

Реалізація та правильне проєктування з урахуванням вторинної переробки впливає на розробку матеріалів та продуктів, тому що саме тут закладається основа для ресурсозберігаючих виробів та процесів. Зважаючи на весь життєвий цикл продукту, сценарії майбутньої переробки необхідно враховувати на етапі проєктування. За словами **ЕРРА**, для пластикових вікон це велика проблема. Вікна, що використовуються сьогодні, повернуться до циклу лише через **30-40 років**. Оскільки періоди повернення надто тривалі, тому ніхто не знає, чи можуть і як змінитись вимоги за цей час.[2]

** Екструзія полімерів – метод формування виробів або напівфабрикатів необмеженої довжини продавлюванням розплаву полімеру через формувальну голівку (фільєру) з каналами необхідного профілю.*

ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт дослідницького проєкту Spherical Insights, «Розмір світового ринку переробки ПВХ за процесами» с.3
2. Сталий розвиток та енергозбереження. Аналітичні дані ЕРРА

(The European Trade Association of PVC window systems supplier.
Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.eppa-profiles.eu>.

3. Аналітичний дайджест “Gütegemeinschaft Kunststoff-Fensterprofilsysteme”, Режим доступу: <https://www.gkfp.de/>

4. Аналітика звітності “The Progress Report 2023 details VinylPlus”, Режим доступу: <https://www.vinylplus.eu/>

5. GEALAN Fenster System GmbH, Екологічний звіт “Навколишнє середовище та відповідальність 2024», с.16

ФІЗИЧНИЙ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ КОМФОРТ ТА ЯКІСТЬ ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ

Козаченков Андрій Олександрович

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
kozachenkov_ao-2023@knuba.edu.ua*

Зміна клімату та дефіцит ресурсів вимагають переосмислення засад у будівельній галузі. Тому все більше уваги приділяється «зеленому будівництву».

Зелені будівлі-це споруди, які проектуються, будуються та експлуатуються з урахуванням принципів сталого розвитку. Їх головна мета - мінімізація негативного впливу на довкілля, ефективне використання ресурсів та створення сприятливих умов для людей, які в них перебувають[1].

Один із ключових критеріїв якості таких будівель — рівень фізичного та функціонального комфорту.

Фізичний комфорт включає:

- Оптимальне природне освітлення, що знижує потребу в штучному світлі та зменшує втому очей.
- Температурний комфорт — стабільний мікроклімат завдяки використанню систем розумного управління кліматом та теплоізоляції.
- Ефективну вентиляцію, яка забезпечує приплив свіжого повітря та контроль вологості.
- Акустичну ізоляцію, яка мінімізує шумове навантаження та сприяє концентрації.

Функціональний комфорт охоплює:

- Ергономічне планування простору: зручне розміщення функціональних зон, меблів і техніки.
- Доступність для всіх категорій користувачів, включно з людьми з інвалідністю.
- Гнучкість використання приміщень, що дозволяє адаптувати простір до різних потреб.[2]

Важливу роль відіграє і природне освітлення. Вікна великих розмірів, світлові колодязі та відбиваючі поверхні забезпечують доступ денного світла в усі зони будівлі, що знижує потребу в штучному освітленні.

В зелених будівлях широко впроваджуються розумні системи управління: автоматичне регулювання освітлення, температури та вологості, контроль витрат води та енергії. Це не тільки підвищує комфорт, але й дозволяє досягти значної економії ресурсів (рис 1).



Рис1. Схема зеленого будинку [5]

Зелені будівлі мають менший негативний вплив на навколишнє середовище, ніж стандартні будівлі. Їх конструкція зводить до мінімуму планування на місці, економить природні ресурси за рахунок використання альтернативних будівельних матеріалів.[5]

Зелена архітектура має забезпечувати не тільки екологічність, а й максимально комфортне середовище, яке впливає на продуктивність, психічне здоров'я та загальне самопочуття людини[4].

Якість будівель визначається за міжнародними стандартами, такими як LEED, BREEAM чи DGNB, які оцінюють:

- Енергоспоживання
- Використання матеріалів
- Водозбереження
- Екологічний слід[3].

Нижче наведено порівняльну таблицю (табл. 1).

Впровадження зеленого будівництва є не лише архітектурною та технічною задачею, а й культурною трансформацією. Вона вимагає зміни підходів до проектування, будівництва, експлуатації та утилізації будівель[4].

Порівняльна таблиця міжнародних стандартів

Назва стандарту	Країна походження	Основні критерії оцінки	Особливості
LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	США	Енергоефективність, водозбереження, матеріали, якість повітря, інновації	Один із найвідоміших стандартів у світі; сертифікація за рівнями (Certified, Silver, Gold, Platinum)
BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)	Велика Британія	Управління, енергія, здоров'я і благополуччя, транспорт, вода, матеріали	Перший у світі екологічний стандарт (з 1990 року); гнучкість оцінювання
DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)	Німеччина	Екологічна, економічна, соціально-культурна якість, технічні та процесні аспекти	Комплексний підхід до стійкості: екологія + економіка

ЛІТЕРАТУРА

1. Білецький В.С. Основи екології та охорони навколишнього середовища. — Донецьк: ДонНТУ, 2012.
2. Коваленко А.І. Зелене будівництво: методологія та практика. — Київ: Ліра-К, 2020.
3. Кібер Дж. С. Стале будівництво: проектування та реалізація зелених будівель / пер. з англ. — 4-е вид. — Гобокен, Нью-Джерсі: Вілей, 2022. 480 с.
4. Олійник О. М. Зелене будівництво: стандарти і практика в Україні та світі // Будівельне виробництво. 2023. № 4. С. 45–52.
5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vertaki.com.ua/zelene-budivnitstvo>

ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ БУДІВЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Жукова О.Г., Кордуба І.Б., Труш І.Г.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Постійне глобальне погіршення стану довкілля диктує необхідність використання у будівельній сфері виключно тих новацій, що можуть покращити якість життя громадян, не завдаючи шкоди біосфері. Метою цього

дослідження є розробка системи управління будівельним комплексом, що гарантує комфортне та безпечне існування людей у гармонії з природою.

Криза у будівельній галузі, яка виражається, зокрема, у невизначеності чинних нормативів, відсутності адекватного контролю з боку державних органів за ходом будівництва (наприклад, перехід до саморегулювних організацій призвів до ситуації, де "кожен сам за себе"), прагненні до прибутку на шкоду високій якості будівельного об'єкта, а також у багатьох інших негативних процесах, вимагає корінного переосмислення існуючої системи управління будівельною сферою та визначення нових цілей розвитку. В умовах погіршення екологічного стану, розвиток будівельної галузі, як основи формування середовища існування людини, має відбуватися з урахуванням суттєвого посилення екологічних вимог до будівельних об'єктів та технологій їх зведення. Відтак, впроваджуватися та розвиватися повинні лише ті інновації, що спроможні забезпечити необхідний рівень якості навколишнього середовища.

У світі набирає обертів екологічна парадигма розвитку будівельного сектору, відома як «Зелене будівництво». Екологічне будівництво зосереджується на вирішенні проблем якісної складової зведення об'єктів шляхом застосування передових екологічних технологій у містобудівному плануванні, проектуванні, будівництві, використанні та ліквідації будівель, охоплюючи всі етапи життєвого циклу будівель та споруд.

Використання таких технологій дозволяє зменшити негативний вплив будівельної галузі на навколишнє середовище та здоров'я людей. Завдяки впровадженню «зелених» технологій досягається зниження забруднення повітря та води, заощадження природних ресурсів, поліпшення комфорту та безпеки внутрішніх приміщень, що веде до покращення самопочуття мешканців і працівників, а також підвищення їх ефективності праці.

Серед економічних переваг, які проявляються на етапі експлуатації «зелених» будівель, варто відзначити наступні:

- скорочення енергетичних витрат (енергоспоживання, споживання води, теплопостачання та інші);
- збільшення привабливості об'єкта для споживачів та орендарів;
- поліпшення іміджу будівельної компанії, орієнтованої на будівництво екологічного житла;
- скорочення витрат на медичне обслуговування працівників та їх страхування;
- скорочення штрафів за порушення норм екологічної безпеки при будівництві об'єктів;
- поширення екологічних технологій спричинить зростання їхньої доступності, відповідно, окупність еко-будівель, у порівнянні з традиційними, збільшиться значно.

Енергоефективність, як наріжний камінь екологічного будівництва, ставить за мету мінімізацію витрат, як на підтримку функціонування споруд, так і на виготовлення будівельних матеріалів. До того ж, сучасні,

енергоощадні конструкції та споруди загалом розробляються з використанням екологічно чистих матеріалів, які не лише безпечні для здоров'я мешканців, а й передбачають можливість подальшої переробки та багаторазового повторного використання.

Для фахової оцінки будівельного проекту з точки зору впровадження «зелених» технологій, з метою визначення його відповідної якості, слугує Система сертифікації «зелених» будівель. Процес сертифікації ґрунтується на рейтинговій системі оцінювання, де кінцевий результат формується на основі сумарної кількості набраних балів за встановленими критеріями. Ці критерії охоплюють різноманітні аспекти застосування «зелених» технологій, серед яких: ландшафтний дизайн, використання відновлюваних джерел енергії, застосування енергоефективних матеріалів і конструкцій, покращена теплоізоляція та вентиляція споруд, та інші важливі характеристики.

Об'єктами, що підлягають управлінню, виступають забудовники, проєктні та підрядні компанії, а також фізичні особи, котрі займаються індивідуальним житловим будівництвом. Саме ці суб'єкти приймають рішення, що стосуються техніко-технологічної сторони будівельних проєктів, і можуть нести повну відповідальність за невиконання нормативів та завдання збитків екосистемі.

Управлінські впливи представляють собою інструменти, спрямовані на досягнення управлінських цілей. До них відносяться видання на регіональному рівні нормативно-правових актів, які встановлюють мінімальні технічні вимоги до споруд, сприяючи більш раціональному використанню ресурсів. Ще одним інструментом розвитку екологічно орієнтованого будівництва є розробка системи "заохочень та покарань". Це передбачає штрафні санкції для забудовників, проєктних і підрядних організацій за невідповідність зведеного об'єкту встановленим техніко-екологічним нормам, а також бонусну систему у вигляді пільгового оподаткування, пільг на оплату енергоресурсів до моменту окупності впроваджених енергозберігаючих технологій, надання субсидій і дотацій, а також спрощення процедури оформлення землі під будівництво об'єкта (за умови відповідності проєкту встановленим вимогам).

Завдання управління полягає в запобіганні руйнуванню системи будівельного сектору, соціуму та екосистем через інноваційний прогрес, що ґрунтується на екологічному підході при впровадженні будівельних проєктів.

Відповідно до створеного механізму, управлінська система, представлена державними структурами з контролю та нагляду в галузі будівництва, визначає техніко-екологічні стандарти для учасників будівельного процесу (будівельних компаній). Для якнайкращого дотримання встановлених норм слід передбачити систему санкцій та стимулів для виконавців.

Керована система (будівельні організації) у процесі своєї діяльності впливає на екосистему. Одночасно з цим, керівна система повинна проводити оцінку впливу планованих та реалізованих будівельних проєктів на

навколишнє середовище і, в залежності від стану та змін екосистеми, коригувати управлінські впливи на будівельні організації. Іншими словами, передбачається жорсткий контроль за процесами будівельного виробництва з боку уповноважених органів з оцінкою впливу процесів, що відбуваються, на навколишнє середовище та за необхідності здійснення корегування будівельних проєктів.

Література:

1. Білявський Г.О. Основи екології: теорія і практикум: [навч. посіб.] / Г.О. Білявський, Л.І. Бутченко, В.М. Навроцький. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
2. Анін В.І. Оптимізація стратегій будівельної організації в ринкових умовах : монографія / В.І. Анін. – К.: «Ратібор», 2004. - 242 с.

ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ: ТРЕНДИ І ПЕРСПЕКТИВИ

Тетяна Котуранова, Ірина Котуранова

ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

УДУНТ

t.v.koturanova@ust.edu.ua

На сьогоднішній день усе більше набирає обертів зелене будівництво та інновації. Стійкий розвиток у будівельній галузі набуває дедалі більшого значення в умовах зростання екологічного навантаження.

Зелене будівництво — це сукупність проектних, архітектурних і інженерних рішень, які мінімізують негативний вплив на навколишнє середовище на всіх етапах життєвого циклу будівлі [1].

Сучасні технології стрімко розвиваються, і ця тенденція не оминає будівельну сферу. В останні роки спостерігається, як інновації трансформують будівельну індустрію, роблячи її більш ефективною, безпечною та екологічно стійкою.

Метою зеленого будівництва є зниження рівня споживання ресурсів (енергії, води, матеріалів) і викидів шкідливих речовин за рахунок використання екологічно безпечних технологій та матеріалів. Архітектурне проектування орієнтоване на енергозбереження, комфортне середовище та збереження природного балансу.

Інноваційні екологічні технології та матеріали включають:

- Використання відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, вітрогенератори, гідросистеми).
- Використання натуральних і перероблених будівельних матеріалів (дерево, камінь, глина, пробка, клей на рослинній основі). По всьому світу сьогодні поширюються green buildings. Їх зводять із екологічно чистих матеріалів природного походження, без токсичних речовин. Щороку таких будівель стає все більше.

- Технології переробки та утилізації відходів — це не новинка, а необхідність для збереження природних ресурсів та усунення відходів. Багато матеріалів можна переробити і використовувати повторно. Ця сфера сьогодні отримала розвиток через нестачу деяких ресурсів.

- Впровадження енергоефективних систем опалення, вентиляції, водопостачання і каналізації.

Проектування сталих архітектурних об'єктів враховує:

- ✓ мінімальне втручання в природний ландшафт;
- ✓ сьогодні трендом стали рослини на фасадах і дахах — вони не лише прикрашають будівлі, а й додають більше зелені;
- ✓ інтеграцію зелених зон в міське середовище;
- ✓ створення будівель з низьким рівнем енергоспоживання.

Наприклад, будівлі з нульовим споживанням енергії та вуглецевою нейтральністю проектуються таким чином, щоб виробляти стільки ж енергії, скільки вони споживають, а іноді навіть більше. У будівництві це досягається завдяки використанню енергоефективних «зелених» технологій і відновлюваних джерел енергії, які повністю покривають енергетичні потреби об'єкта.

Один з прикладів таких об'єктів — офісна будівля Фонду сталої енергетики у США площею 1394 кв. м, яка виробляє понад 130% необхідної їй енергії. Порівняно з аналогічними будівлями, ця споживає на 75% менше енергії [3].

В економічному та соціальному аспектах «зелені» будівлі сприяють:

- зниженню експлуатаційних витрат;
- покращенню якості повітря та мікроклімату;
- підвищенню рівня життя і здоров'я міського населення;
- розвитку «зеленої» економіки та будівельних інновацій.

Сьогодні енергоефективність є ключовим фактором успіху, тобто «зелені» будівлі, які допомагають суттєво скоротити споживання енергії, вважаються успішними. Найбільш ефективними стратегіями для декарбонізації будівель названо принципи пасивного дизайну (використання відновлюваних джерел енергії та ефективної теплоізоляції) і енергоефективне обладнання. Також важливо використовувати в будівництві еко матеріали, міцні та невибагливі в обслуговуванні; підхід економіки замкнутого циклу.

Наприклад, розумне скло — скло, яке змінює прозорість для регулювання кількості світла і тепла, що надходить у приміщення. Скло допомагає підтримувати постійну температуру всередині: влітку захищає від спеки, тому не потрібен кондиціонер, а взимку пропускає більше сонця, що дозволяє економити на опаленні [2].

Або низьковуглецевий бетон, який складається на 80% із золи вугільного виробництва без шкоди для його характеристик. Прототипи бетонних балок, виготовлених із застосуванням такого типу бетону, відповідають технічним та екологічним стандартам. Це рішення дозволяє знизити споживання звичайного портландцементу та ефективно

використовувати мільйони тон золи, що накопичується на вугільних електростанціях [3].

Що стосується перспектив розвитку «зелених» технологій то їх впровадження стає глобальним трендом. Зростання обізнаності населення, нормативна підтримка і технологічний прогрес сприяють масштабуванню еко будівництва як стійкої моделі розвитку міст майбутнього.

Технології майбутнього вже сьогодні змінюють ринок будівництва, пропонуючи рішення, які підвищують ефективність, безпеку та екологічність процесів. Безпілотні технології, 3D-друк, розумні матеріали, модульне будівництво, зелені технології та штучний інтелект — це лише початок шляху до повністю цифрових і автоматизованих будівельних процесів.

Інновації продовжують розвиватися, і незабаром ми можемо стати свідками ще більш радикальних змін в архітектурі та містобудуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чала В.С., Орловська Ю.В., Глущенко А.В. Європейські практики інвестування зеленого будівництва: Підручник Д.: ПДАБА. 2023. – 148 с.

2. Зелене будівництво: екологічні технології та підходи. Будівництво, озеленення внутрішнього простору. Серпень, 2023. URL: <https://buduj.com.ua/bud/zelene-budivnycztvoekologichni-tehnologiyi-ta-pidhody/>.

3. Бондарчук М.С., Мартинов В.Л. Зарубіжний досвід енергоефективного зеленого будівництва. Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво. 2023. Вип. 29–30. С. 22–29.

ШЛЯХИ ДОЦІЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ВІДХОДІВ, ЩО УТВОРИЛИСЯ ПРИ РУЙНУВАННІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

*Катерина Пушкарьова¹, Марина Кочевих²,
Ольга Гончар³, Ілля Глумаков⁴*

*Київський національний університет будівництва та архітектури
pushkarova.kk@knuba.edu.ua¹, kochevykh.mo@knuba.edu.ua²,
gonchar.oa@knuba.edu.ua³, hlumakov.io-2024@knuba.edu.ua⁴*

Обсяги руйнування інфраструктури в Україні внаслідок російського вторгнення перевищують 100 млрд дол. США, а найбільша частка руйнувань припадає на об'єкти промислового та цивільного будівництва [1]. Внаслідок масштабних руйнувань інфраструктури під час війни Україна зіткнулася з гострою проблемою утилізації та використання будівельного сміття, обсяг якого становить приблизно 10...12 млн т і постійно збільшується [2]. Також одним із негативних наслідків війни стало істотне погіршення стану довкілля та умов проживання населення.

Відходи від руйнування відрізняються від відходів будівництва та зносу, оскільки вони перемішані у завалах з такими речовинами, які не можна використовувати повторно і тому вимагають дуже ретельного сортування

вручну або механічним способом. Після сортування визначають матеріали, що можуть бути використані повторно, серед яких найбільшу частку становлять мінеральні складові – бетон, керамічна цегла та скло. Тому важливим завданням є розробка ефективних шляхів перероблення та повторного використання саме таких будівельних відходів, що дозволяє вирішити проблеми відбудови зруйнованої інфраструктури та житлового фонду України. Згідно [3], поводження з відходами від руйнувань – це комплекс організаційно-технічних заходів та робіт (операцій), що здійснюються з метою забезпечення екологічно безпечного збирання, перевезення, сортування, зберігання, перероблення, утилізації, видалення, знешкодження і захоронення таких відходів.

Об'єм бетонного бою серед продуктів руйнування будівель і споруд становить близько 50%. Згідно закону України про управління відходами [4], зруйнований бетон може бути використаний як сировина для виробництва крупного та дрібного заповнювачів для бетонів (класу до С20/25), а також щебенево-піщаних сумішей для влаштування шарів основи та покриття дорожнього одягу без використання в'язучих; влаштування насипів автомобільних доріг; як матеріали для зворотного заповнення (відновлення рельєфу, заповнення гірничих виробок (пустот), рекультивації відпрацьованих гірничих об'єктів, інших ландшафтних робіт), а також як вторинний матеріальний ресурс для виробництва портландцементного клінкеру.

Цегляний бій може бути використаний як сировина для виробництва крупного та дрібного заповнювачів, а також щебенево-піщаних сумішей для влаштування шарів основи та покриття дорожнього одягу, заповнювач для габіонів, як матеріал для влаштування дренажної подушки у заболочених районах, матеріал для укріплення ґрунтових і лісових доріг [5].

Уваги заслуговує саме можливість отримання рециклінгового щебеню з продуктів руйнування бетону і керамічної цегли. Загальний виробничий процес отримання рециклінгового щебеню складається з наступних етапів: вибір відповідного вихідного матеріалу, оцінка його придатності, збір сміття та транспортування його на пункт переробки, подрібнення (за допомогою гідромолотів, дробарок), просіювання щебеню для виявлення небажаних залишків, фракціонування за допомогою сит. В разі використання мобільних установок з переробки (подрібнення та сортування) уламків бетону по місцю утворення відходів є можливість виключення процесу транспортування, а також тривалого зберігання із застосуванням корисних земельних угідь. Застосування рециклінгового щебеню у складі бетону відкриває перспективи створення нових будівельних об'єктів при зменшенні витрат сировинних матеріалів та енергії. Так при отриманні щебеню з бетону витрати палива у 8 разів менші, ніж при його видобутку в природних умовах, собівартість його нижче приблизно у 5 разів, а собівартість бетону на вторинному щебені знижується на 25% [6]. Але слід зауважити, що рециклінговий щебінь відрізняється неоднорідністю за складом та властивостями залежно від виду бетонних виробів, з яких він отриманий, і способу їх обробки. Саме це

визначає можливість використання лише 75% будівельних уламків після демонтажу будівлі [7]. Показано, що міцність бетону на вторинному заповнювачі на 20% нижче міцності аналога на природних заповнювачах. Можливість підвищення міцності може бути досягнута збільшенням витрати цементу (до 10%). Але навіть у цьому випадку виробництво бетону на щебені в два рази дешевше ніж виготовлення бетону на природних заповнювачах [8]. Встановлено, що продукти подрібнення бетону у своїй масі містять 20% зерен щебеню фракції 20...40 мм і 40...50% фракції 5...20 мм, щебінь має розвинену поверхню, характеризується підвищеним водопоглинанням (до 10%) що призводить до збільшення витрати води на виготовлення бетонної суміші. Але для вирішення цієї проблеми зазвичай використовують суперпластифікатор, а також попередню обробку заповнювача гідрофобізаторами. Особливості властивостей і неоднорідність щебеню з бетону перешкоджають його широкому застосуванню в конструкційних бетонах (найвищий рівень заміни встановлено 50%), але дозволяють застосовувати його в невідповідальних конструкціях та декоративних бетонах. При використанні щебеню дрібних фракцій (більше 30%) відмічається погіршення експлуатаційних властивостей бетону [7]. Шляхами отримання якісного бетону на основі рециклінгового щебеню (наприклад, для відновлення житлового сегменту клас міцності бетону має бути С20/25) є наступні. Різні способи видалення розчину з поверхні продуктів подрібнення (механічний, хімічний, термічний), а також підбір рецептури нового бетону з використанням суперпластифікаторів нового покоління, мікронаповнювачів (для зменшення усадки), й нарешті, обмеження кількості рециклінгового заповнювача у складі бетону. Важливим є встановлення властивостей старого бетону для попередньої оцінки якості рециклінгового щебеню, що гарантує отримання довговічного бетону з необхідними властивостями.

Для підготовки керамічного бою до використання вихідний матеріал очищають від непотрібних включень, потім за допомогою гідромолота або перфоратора отримують крупні фракції матеріалу (до 300 мм), наступний етап подрібнення відбувається з використанням щоклової дробарки. За допомогою спеціальних сит розділяють цегляний бій на фракції: крупну – від 40 до 100 мм, середню – від 20 до 40 мм та дрібну – менше 20 мм. Особливістю продукту подрібнення є достатньо шорстка поверхня, а відкрита пористість відповідає пористості вихідного матеріалу [7]. Фракціонований бій цегли використовують як заповнювач для бетону замість частини більш дорогого гранітного щебеню (5-25%). Також можливе використання тонкомеленого цегляного порошку в складі цементних сумішей, що дозволяє економити до 20% клінкеру при застосуванні цементу М400. Бій цегли також можна використовувати як дрібний і крупний заповнювач в легких бетонах, однак особливістю цього заповнювача є наявність пористої зернистої структури, що сприяє підвищенню водопоглинання [8]. Крупні фракції цегляного бою можна використовувати в ландшафтному дизайні як основу садових доріжок – завдяки яскравому кольору, цегляний бій застосовується для оформлення

фасадів будівель, створення квітників, альпійських гірок, а також при формуванні габіонів для зонування ландшафту.

Міжнародний досвід поводження з будівельними відходами в кожній країні має свої особливості, але можна виділити деякі загальні підходи та найкращі практики. Наприклад, згідно німецьких норм (DIN 4226-100) передбачено склад і можливості застосування різних видів регенерованих заповнювачів у складі бетонів. Залежно від прогнозованих умов використання бетону бетонний регенерований щебінь (90%) та пісок з нього (10%), які мають фракції більше 2 мм і характеризуються максимальним водопоглинанням 10 мас.%, можуть бути застосовані в кількості менше 45% від загального об'єму заповнювачів у складі бетону, що працює в умовах протікання процесів карбонізації, та менше 35% при отриманні бетонів підвищеної морозостійкості.

Одним з ефективних способів використання регенерованих заповнювачів є створення габіонних конструкцій, які за функціональною ознакою поділяються на фортифікаційні (мобільні та постійні оборонні системи), інженерні (для регуляційних та берегоукріпних споруд) та декоративні (в ландшафтному дизайні як підпірні стінки в місцях перепадів висот, для запобігання деформації схилів та терасування й зонування місцевості, виготовлення парканів тощо). Габіон – це просторова сітчаста коробчаста конструкція, що складається з металевої або полімерної сітки (або геотекстилю) і може бути заповнена штучним каменем (рециклінговим заповнювачем), який має бути стійким до вологи та атмосферних впливів. Перевагою такої конструкції є гнучкість і здатність до фільтрації води, що дозволяє знизити гідростатичний тиск і закріпити ґрунт. Такі конструкції не потребують спеціальної основи (як наприклад бетонні) і можуть споруджуватись у будь-яку пору року без використання спеціалізованої техніки. Як заповнювачі для технічних габіонів можуть бути використані не тільки рециклінговий бетонний щебінь, але й бій цегли при забезпеченні міцності та надійності конструкції (зазвичай розмір фракції становить 1,3 від розміру комірки каркасу). Для військових габіонів заповнювач має бути достатньо важким й водостійким, розмір заповнювача не має значення, оскільки він утримується всередині сітчастого коробу щільною мембраною. Для декоративних габіонів найчастіше використовують фракції бою керамічної цегли 4...10 мм, дрібніші фракції – 2...4 мм та менше 2 мм можуть бути використані в ландшафтному дизайні.

Скло відноситься до категорії продуктів, які важко утилізуються. Порівняно з рециклінгом бетону та керамічної цегли, рециклінг скла є більш складним процесом, серед основних етапів якого є декілька стадій подрібнення і сортування для отримання продукту необхідної якості, інколи необхідним є процес переплавлення. Найбільш ефективним напрямком є використання вторинного скла у складі бетонів [9]. Існує багато досліджень щодо застосування скляного бою в якості пуцоланової добавки. Для отримання якісного продукту рециклінгу скlobій піддається декільком

стадіям подрібнення та сортування за фракціями та кольором. Найбільш популярним продуктом є склопорошок (фракції (0...50 мкм, 0...100 мкм, 0...180 мкм). Такий матеріал, може проявляти в'язучі властивості і брати участь в синтезі штучного каменю на основі цементу, але при його використанні може відбуватися неконтрольована реакція взаємодії лугів цементу з кремнеземом, що викликає внутрішню корозію бетону і впливає на втрати міцності в часі. дослідженнями також показана можливість використання скла як наповнювача та дрібного заповнювача в разі контролю лужно-силікатної реакції. Так, при заміні 60% крупного заповнювача на вторинне скло міцність бетону на стиск зростає з 17,3 до 26,8 МПа у віці 28 діб порівняно з контрольним аналогом. Для зменшення впливу такої реакції слід застосовувати цементи з низьким вмістом лугів, обмежити загальну кількість скла в складі бетону, додатково ввести добавки дрібнозернистих кремнеземистих матеріалів, наприклад мікрокремнезем, метакаолін. На характер протікання вказаної реакції, а також на процеси твердіння та набору міцності впливає й колір скляного заповнювача, який залежить від додавання різних домішок до складу вихідного скла.

Враховуючи існуючу ситуацію в Україні, наявність великих об'ємів зруйнованих об'єктів промислового та цивільного будівництва, вкрай необхідним є не тільки використання традиційних підходів до утилізації подрібнених мінеральних речовин, але й пошук нових енергоощадних технологій їх комплексної утилізації та переробки, спираючись на нові досягнення в галузі екології, будівельного матеріалознавства та цивільної інженерії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антонюк Н.А., Костюк В.Р. Рециклінг будівельних відходів під час війни в Україні Актуальні проблеми економіки, # 7 (277), 2024. С. 130-142. [DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-277-130-142](https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-277-130-142)
2. Сафранов Т., Приходько В., Корбут М. Особливості поводження з відходами будівництва і зносу в регіонах України. Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування», Вип. 2, 2024. С. 75-84. <https://doi.org/10.32782/2786-5681-2024-2.09>
3. Порядок поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-%D0%BF#Text>.
4. Про управління відходами. Закон України від 20 червня 2022 року № 2320-IX. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#n802>
5. Gyawali, T.R. Re-use of concrete/brick debris emerged from big earthquake in recycled concrete with zero residues. Cleaner Waste Systems, vol. 2, 2022. 100007. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100007>
6. F. de Andrade Salgado, F. de Andrade Silva. Recycled aggregates from construction and demolition waste towards an application on structural concrete: A

review, Journal of Building Engineering, Volume 52, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104452>

7. Abyzov V., Pushkarova K, Kochevykh M., Jurus J. Materials science for designers of architectural environment Politechnika Swietokrzyska Kielce, 2020. p.369-409.

8. Guo H., Shi C., Guan X., Zhu J., Ding Y., Ling T.C., Zhang H., Wang Y. Durability of recycled aggregate concrete - A review, Cement and Concrete Composites, 2018, 89, pp. 251-259.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.03.008>

9. Sandeep, N. Utilization of recycled form of concrete, E-wastes, glass, quarry rock dust and waste marble powder as reliable construction materials. Materials Today: Proceedings, vol. 45, part 2, 2021, pp. 3231–3234.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.3816>

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ

Андрій Кочерган, Тетяна Ткаченко

Київський національний університет будівництва і архітектури

Сучасний будівельний сектор України потребує впровадження рішень, що дозволяють оптимізувати витрати та підвищити конкурентоспроможність ринку. Основна мета цього дослідження стверджує, що зелене будівництво забезпечує економічну ефективність через зниження експлуатаційних витрат, зменшення споживання енергії та залучення інвестицій у високотехнологічні галузі. Впровадження екологічних технологій створює сприятливе середовище для розвитку інновацій, що можуть забезпечити стійкий економічний розвиток країни.

Економічна нестабільність, зростання цін на енергоносії та підвищення вимог до енергоефективності спричиняють необхідність переходу на нові технології у будівництві. Зелене будівництво виступає потужним інструментом економії ресурсів, оскільки зниження споживання енергії та оптимізація витрат сприяють зменшенню фінансового навантаження як для власників об'єктів, так і для державного бюджету. Одночасно, впровадження таких технологій стимулює розвиток суміжних галузей і створює нові робочі місця.
[1]

Для аналізу економічної ефективності зеленого будівництва пропонується застосувати такі методи:

Економічне моделювання: NPV та ROI для оцінки зелених технологій

Економічне моделювання допомагає оцінити фінансову доцільність впровадження зелених технологій у будівництві, зокрема:

- Чиста теперішня вартість (NPV – Net Present Value):

- Розраховується як різниця між приведеними до теперішньої вартості грошовими потоками (доходами) від інвестиції та початковими витратами.

- Якщо $NPV > 0$, інвестиція вигідна, якщо $NPV < 0$ – економічно невигідна.
- У будівництві NPV використовується для оцінки ефективності впровадження енергоефективних матеріалів, відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, теплові насоси), технологій зниження споживання води тощо.

- Аналіз повернення інвестицій (ROI – Return on Investment):

- $ROI = (\text{Чистий прибуток} / \text{Витрати на інвестицію}) \times 100\%$

- Вимірює ефективність вкладених коштів і визначає, наскільки швидко вони окупляться.

- Наприклад, якщо впровадження сонячних панелей коштує \$50000 і дозволяє економити \$10 000 на рік, то

$$ROI = (10\,000 / 50\,000) \times 100\% = 20\% \text{ річних.}$$

- Використовується для порівняння традиційних і екологічних рішень за фінансовими показниками. NPV і ROI дають змогу ухвалювати зважені інвестиційні рішення, прогнозувати економічні вигоди та оцінювати доцільність довгострокових проєктів у сфері зеленого будівництва.

Показник	Index	Unit	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Початкові інвестиції	Initial investments	\$	-650 000									
Операційний грошовий потік	Cash Flows from operating activities	\$	116 116	136 300	135 993	135 687	135 382	112 564	112 311	112 058	111 806	111 555
Чистий грошовий потік	Net Cash Flows	\$	-533 884	136 300	135 993	135 687	135 382	112 564	112 311	112 058	111 806	111 555
Сумарний грошовий потік	Cumulative Cash Flows	\$	-533 884	-397 584	-261 591	-125 904	9 478	122 042	234 353	346 412	458 218	569 773
Ставка дисконтування	Discount rate	%										3,8%
Чиста теперішня вартість	Net Present Value (NPV)	\$										379 398
Внутрішня ставка доходності	Internal Rate of Return (IRR)	%										18,7%
Строк окупності	Payback period	years										4,9

Рис 1. Результати економічного моделювання з використанням зеленого будівництва [2]

SWOT-аналіз допомагає оцінити внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на застосування екологічних рішень:

- Сильні сторони (Strengths):
- Зменшення експлуатаційних витрат (енергія, вода, опалення).
- Підвищення ринкової вартості будівель.
- Відповідність міжнародним екологічним стандартам (LEED, BREEAM).
- Покращення якості життя мешканців (здоровий мікроклімат, чисте повітря).
- Слабкі сторони (Weaknesses):
- Висока початкова вартість інвестицій.
- Необхідність залучення спеціалістів і нових технологій.
- Довший термін окупності порівняно з традиційними технологіями.
- Можливості (Opportunities):
- Державні програми підтримки та субсидії на екологічні технології.
- Зростання попиту на “зелені” сертифіковані будівлі.
- Розвиток нових матеріалів та технологій, що знижують викиди CO₂.
- Потенціал для залучення міжнародних інвестицій у сферу екологічного будівництва.

- Загрози (Threats):
- Нестабільність цін на екологічні матеріали та обладнання.
- Жорсткі вимоги регулювання та можливі штрафи за їх невиконання.
- Консерватизм у будівельній галузі та низька обізнаність про переваги зелених технологій.

SWOT-аналіз допомагає розробити стратегії мінімізації ризиків та ефективного використання можливостей для впровадження зелених технологій.

Фінансове моделювання: сценарії економічного розвитку з урахуванням витрат на енергоспоживання та інвестицій:

- Фінансове моделювання дозволяє прогнозувати економічні наслідки впровадження екологічних технологій залежно від різних факторів. Основні компоненти фінансового моделювання:

- Аналіз поточних витрат: Оцінка витрат на енергію, воду, опалення та обслуговування будівлі.

- Сценарне планування:

- Оптимістичний сценарій: Активне впровадження екологічних технологій → зниження витрат → швидка окупність.

- Базовий сценарій: Часткове впровадження → середній рівень економії.

- Песимістичний сценарій: Відсутність змін → високі витрати на ресурси → ризики для інвесторів.

- Оцінка інвестиційних ризиків: Аналіз зміни вартості матеріалів, тарифів на електроенергію та водопостачання.

- Прогнозування окупності: Розрахунок строків повернення вкладених коштів за рахунок зниження експлуатаційних витрат та державних субсидій.

Фінансове моделювання допомагає будівельним компаніям, інвесторам і державним органам оцінювати ефективність екологічних рішень, ухвалювати довгострокові стратегії та мінімізувати ризики. [3;4]

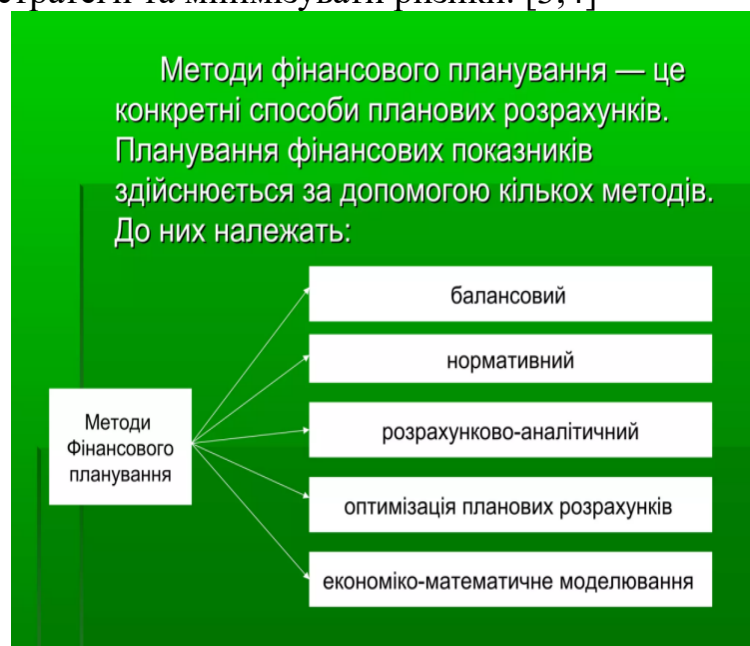


Рис 2. Методи фінансового планування [6]

Гіпотетично, за умов ефективної інтеграції зелених технологій у будівництво, експлуатаційні витрати можуть бути знижені на 25–35% протягом наступного десятиліття. Результати попередніх досліджень вказують на високий потенціал залучення інвестицій у цю сферу, що сприятиме розвитку суміжних галузей та створенню високотехнологічних робочих місць. Моделювання економічних показників демонструє, що навіть при помірних інвестиціях впровадження зеленого будівництва може принести значну економічну вигоду, створюючи основу для стабільного зростання. [5]

Таким чином економічна ефективність зеленого будівництва відкриває нові перспективи для модернізації будівельного сектору України, сприяючи зниженню витрат та стимулюючи інноваційний розвиток.

ЛІТЕРАТУРА

1. U.S. Green Building Council. (2018). LEED v4 for Building Design and Construction. USGBC. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.usgbc.org/leed/v4> - Дата перегляду: 21.03.2025
2. Результати економічного моделювання з використанням зеленого будівництва [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://msp-partners.com.ua/npv-irr-roi-ta-ne-t%D1%96lki.html&cultureKey=uk> - Дата перегляду: 21.03.2025
3. Kibert, C. J. (2016). Sustainable construction: Green building design and delivery. John Wiley & Sons. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.wiley.com/en-us/Sustainable+Construction:+Green+Building+Design+and+Delivery-p-9781119019823> - Дата перегляду: 21.03.2025
4. Goulding, S. (2017). Green building and renewable energy. Energy Policy Journal, 12(2), 22–30. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.005> - Дата перегляду: 21.03.2025
5. Ding, G. K. C. (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. Journal of Environmental Management, 86(3), 451–464. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.12.005> - Дата перегляду: 21.03.2025
6. Методи фінансового планування [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://finpdotme.wordpress.com/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0-8-%D1%84%D1%96%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B5-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BD%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%94/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-8-%D1%84%D1%96%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B5-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BD%D0%B0-%D0%BF%D1%96%D0%B>

РОЛЬ РОСЛИН У ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОЩОВИХ САДІВ: УЗАГАЛЬНЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ І РЕКОМЕНДАЦІЙ

Кравченко Марина Василівна, Щербак Андрій Ігорович

kravchenko.mv@knuba.edu.ua, andron.vr@gmail.com

Київський національний університет будівництва і архітектури

Інтенсивний розвиток міських територій супроводжується значним зростанням частки поверхонь, які не здатні пропускати воду в ґрунт, що суттєво змінює гідрологічний баланс урбанізованого середовища. Непроникні покриття обмежують інфільтрацію дощової води, сприяючи формуванню поверхневого стоку з підвищеними обсягами та швидкістю руху [1]. У таких умовах дощові води здебільшого потрапляють до централізованих каналізаційних мереж, що створює загрозу перевантаження гідроспоруд під час сильних злив і провокує локальні підтоплення, забруднення річкових систем, а також зниження якості водних ресурсів і доступу до них [2]. Крім того, місцевий поверхневий стік виступає суттєвим джерелом забруднення, спричиняючи деградацію водних екосистем [3].

У відповідь на ці виклики в містобудівному плануванні поступово впроваджуються екологічно обґрунтовані стратегії управління зливовими водами, що базуються на принципах сталого розвитку [4]. Одним із ключових напрямів є використання рішень, об'єднаних у концепцію зеленої інфраструктури – системи природоорієнтованих інженерних елементів, таких як конструкції дощових садів, біофільтраційні зони, покриття з високою водопроникністю, зелені покриття тощо [5].

Серед елементів цієї інфраструктури особливе місце займають дощові сади – конструкції, які відтворюють водорегулювальні функції природного ландшафту. Вони не лише знижують гідравлічне навантаження на дренажну мережу, а й покращують якість стоку, слугуючи ефективними біофільтрами [6]. Основними функціональними елементами таких систем є ґрунтовий субстрат з висадженими рослинами, інфільтраційний та дренажний шари, а також допоміжні матеріали для регуляції фільтраційних процесів [7].

Рослини, які складають верхній шар конструкцій дощових садів, виконують різні екологічні і естетичні функції. Завдяки здатності до фітореMediaції, рослини сприяють очищенню зливого стоку, зменшуючи концентрації поживних речовин, важких металів, завислих частинок та органічних сполук. Окрім покращення якості води, вони істотно впливають на гідрологічну ефективність систем: забезпечують захист субстрату від

заилення, сприяють зменшенню об'єму стоку за рахунок транспірації та випаровування, знижують ерозійні процеси та модифікують траєкторії руху води. Додатково, зелені насадження в дощових садах відіграють важливу роль у формуванні сприятливого міського середовища – покращують естетичні характеристики простору, створюють біотопи для запилювачів і дрібної фауни, а також беруть участь у поліпшенні якості повітря [8].

Рослинність бере участь у регуляції водного режиму ґрунту завдяки покращенню структурних характеристик субстрату. Як свідчать результати досліджень [9], присутність рослин підвищує фільтраційну здатність ґрунтового середовища, зокрема за рахунок зростання пористості та водопроникності. Хоча частина дощової води може затримуватися у тканинах рослин, основний механізм утримання полягає у випаровуванні через процес евапотранспірації (*ET*). Встановлено, що ефективність інфільтрації в системах з рослинністю переважає над аналогічними параметрами в безрослинних варіантах, як у польових умовах, так і у лабораторних моделях з використанням колон [3]. Отже, наявні емпіричні дані вказують на позитивний вплив рослин на процес інфільтрації в дощових садах, хоча потреба у подальших дослідженнях, зокрема щодо відмінностей між видами рослин, залишається актуальною.

Окрім гідрологічної ролі, рослинність у конструкціях дощових садів сприяє очищенню зливових вод за допомогою таких процесів, як фітодеградація, фітоекстракція і ризосферні взаємодії [10]. Фітодеградація, або фітотрансформація, включає метаболічні процеси в рослинах, що дозволяють розкладати складні органічні забруднювачі, такі як поліциклічні ароматичні вуглеводні, за допомогою спеціальних ферментів. Цей процес знижує токсичність забруднень, перетворюючи їх на менш шкідливі сполуки, що сприяють росту рослин. Фітоекстракція полягає у поглинанні забруднювачів з ґрунту рослинами та їх переміщенні до тканин рослин. Фітовипаровування включає транспортування летких органічних сполук і токсичних неорганічних елементів з подальшим їх виділенням у атмосферу через листя рослин. Усі ці механізми підвищують ефективність дощових садів як елементів природоорієнтованого управління зливовими водами в урбанізованих умовах.

Рослини демонструють значну варіабельність у морфофізіологічних характеристиках, таких як тип кореневої системи, особливості водоспоживання, стійкість до впливу забруднювачів та ефективність у процесах самоочищення середовища. Ці відмінності переважно зумовлені видовою приналежністю або функціональною належністю рослин. Наприклад, трав'янисті види здатні ефективно затримувати завислі тверді частинки у зливовій воді завдяки щільному листовому покриву, який слугує фізичним бар'єром [11]. Деревя мають високу транспіраційну здатність, що дозволяє суттєво зменшувати об'єм води в системі. Крім того, у поєднанні з низькорослою рослинністю деревна рослинність сприяє поліпшенню водоутримувальних властивостей ґрунту [12]. Корені відіграють ключову роль

у стабілізації ґрунтової структури, сприяють агрегації частинок і формуванню макропористості, що посилює інфільтраційні властивості системи [13].

Оцінка впливу морфологічних ознак та видів рослин на функціональну ефективність дощових садів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Оцінка впливу морфологічних ознак і видів рослин на ефективність дощових садів

Функціональна роль конструкції дощового саду	Морфологічні ознаки рослин	Пояснення
Гідрологічна ефективність	Товсте коріння	Вище значення гідравлічної провідності спостерігається у дощових садах, засадженими деревами, на відміну від кущів, осоки та трав'яних видів. Товсте коріння сприяє утворенню значних макропор, що підвищують інфільтрацію в системі дощових садів.
Видалення азоту	Довжина і маса коренів, швидкість зростання рослин	Відмінності спостерігаються між видами з певними морфологічними ознаками рослин, а не між конкретними типами (газонна трава, трава, осока, чагарники). Можлива взаємодія між видами рослин та ґрунтовим середовищем (субстратом).
Видалення фосфору	Вплив конкретних характеристик рослин відсутній	Вплив рослин вважається незначним.
Видалення металів	Вплив конкретних характеристик рослин відсутній	Вплив рослин вважається незначним.
Видалення патогенів	Характеристики пов'язані з гідрологічною проникністю ґрунту, його складом та функціонуванням мікробіоценозу ризосфери	1. Прямий вплив видів рослин на ризосферу (конкуренція, хижацтво, антимікробні кореневі екsudати). 2. Непрямий вплив рослин на швидкість інфільтрації. Одне дослідження підтверджує більшу ефективність кущів.

Отже, ретельний підбір видів рослинності є ключовим фактором, який визначає ефективність та успішність роботи конструкцій дощових садів. Вибір рослин для цих систем повинен базуватися на таких характеристиках, як здатність до адаптації в конкретних кліматичних умовах, стійкість до періодичних затоплень, ефективність у фільтрації забруднень, а також

здатність підтримувати стабільну екосистему на довгостроковій основі. Врахування цих параметрів дозволяє забезпечити не лише функціональність системи, але й її стійкість до змін навколишнього середовища. Загальні рекомендовані характеристики рослинності для дощових садів, що включають ці важливі аспекти, наведено на рис. 1.



Рис. 1. Рекомендовані характеристики рослинності для конструкцій дощових садів

Дослідження дощових садів відкриває значний потенціал для вдосконалення їхніх функціональних характеристик, зокрема завдяки новітнім досягненням у галузі мікробіоти та фітореMediaції. Подальші експериментальні дослідження, що зосереджуються на ролі рослин, мають включати як польові дослідження реальних, повнорозмірних систем, так і лабораторні установки, зокрема фільтраційні колони. Останні мають певні обмеження, такі як краєві ефекти та ненормована щільність кореневої системи, але й надають важливі переваги, зокрема можливість повторюваності дослідів і контролю за параметрами експерименту. Окрім цього, важливо розширити географічний та кліматичний охоплення досліджень рослинних систем дощових садів, оскільки результати, отримані в умовах одного клімату, можуть виявитися непридатними для інших регіонів з різними кліматичними умовами. Це дозволить створити більш універсальні рекомендації для проектування таких систем у різних частинах світу.

ЖИТЕПАТҮПА

1. Zanin G., Bortolini L., Borin M. Assessing Stormwater Nutrient and Heavy Metal Plant Uptake in an Experimental Bioretention Pond. *Land*, 2018. Vol. 7. P. 150. 10.3390/land7040150.
2. Kozak C., Fernandes C., Braga S., Do Prado L., Froehner S., Hilgert S. Water quality dynamic during rainfall episodes: integrated approach to assess diffuse pollution using automatic sampling. *Environ. Monit. Assess*, 2019. Vol.191. P. 402. 10.1007/s10661-019-7537-6.
3. Kravchenko M., Trach Y., Trach R., Tkachenko T., Mileikovskyi V. Behaviour and Peculiarities of Oil Hydrocarbon Removal from Rain Garden Structures. *Water*, 2024. Vol. 16. P. 1802. 10.3390/w16131802.
4. Apel H., Martínez Trepát O., Hung N., Chinh D., Merz B., Dung N. Combined fluvial and pluvial urban flood hazard analysis. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2016. Vol. 16. P. 941–961. 10.5194/nhess-16-941-2016.
5. Li C., Peng C., Chiang P., Cai Y., Wang X., Yang Z. Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review. *J. Hydrol.*, 2019. Vol. 568. P. 626–637. 10.1016/j.jhydrol.2018.10.074.
6. Kravchenko M., Trach Y., Trach R., Tkachenko T., Mileikovskyi V. Improving the Efficiency and Environmental Friendliness of Urban Stormwater Management by Enhancing the Water Filtration Model in Rain Gardens. *Water*, 2024. Vol. 16. P. 1316. 10.3390/w16101316.
7. Kravchenko M., Tkachenko T., Mileikovskyi V. Study of the influence of the main parameters of the rain garden on its hydrological parameters by modeling. *Collect. Sci. Publ. NUS*, 2024. 166–176. 10.15589/znp2024.1(494).23.
8. Muerdter C., Wong C., LeFevre G. Emerging investigator series: the role of vegetation in bioretention for stormwater treatment in the built environment: pollutant removal, hydrologic function, and ancillary benefits. *Environ. Sci. Water Res. Technol.*, 2018. Vol. 4. P. 592–612. 10.1039/C7EW00511C.
9. Gonzalez-Merchan C., Barraud S., Bedell J. Influence of spontaneous vegetation in stormwater infiltration system clogging. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2014. Vol. 21. P. 5419–5426. 10.1007/s11356-013-2398-y.
10. Dagenais D., Brisson J., Fletcher T. The role of plants in bioretention systems; does the science underpin current guidance? *Ecol. Eng.*, 2018. Vol. 120. P. 532–545. 10.1016/j.ecoleng.2018.07.007.
11. Van Dijk C., Lim L., Bossuyt P., Marti R. Physical examination is sufficient for the diagnosis of sprained ankles. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 1996. Vol. 78-B. P. 958–962. 10.1302/0301-620X.78B6.0780958.
12. Dudrick R., Hoffman M., Antoine J., Austin K., Bedoya L. Do plants matter? Determining what drives variation in urban rain garden performance. *Ecol. Eng.*, 2024. Vol. 201, 107208. 10.1016/j.ecoleng.2024.107208.
13. Bodner G., Leitner D., Kaul H. Coarse and fine root plants affect pore size distributions differently. *Plant Soil*, 2014. Vol. 380. P. 133–151. 10.1007/s11104-014-2079-8.

РОЗРАХУНОК ВЕЛИЧИННИ ЕФЕКТИВНОГО ДІАМЕТРА ЗБІРНИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Олександр Кравчук¹, Андрій Кравчук²

Київський національний університет будівництва і архітектури

¹kravchuk.oa2@knuba.edu.ua, ²kravchuk.am@knuba.edu.ua

Дренажні системи все більше використовуються в сільському господарстві при вирощуванні різних видів рослин [1]. Одним з головних елементів розглядуваних систем є збірні дренажні трубопроводи, які забезпечують необхідну (ефективну) інтенсивність відведення води з земельного майданчика, що є необхідною умовою створення технологічно заданого вологісного режиму в ґрунті [2].

Як відомо, мінімально допустима технологічна норма водовідведення від одиниці площі земельної ділянки залежить від виду вирощуваної сільськогосподарської продукції, вологісного режиму в ґрунті, і може бути визначена за залежністю [3]:

$$q_{\min} = \left(\frac{dQ}{dx} \right)_{\min} = q_m E = 116 \varepsilon E, \quad (1)$$

де q_m (л/(с·га)) – модуль дренажного стоку; ε (м/доб) – інтенсивність інфільтраційного живлення; E (м) – відстань між дренажними трубами.

В багатьох роботах [4, 5] показано, що при описанні руху рідини в збірних перфорованих дренажних трубопроводах зазвичай використовувалась система диференціальних рівнянь, яка складається з рівняння руху рідини зі змінною витратою (2) і модифікованого рівняння фільтрації (3):

$$\frac{dh}{dx} + \frac{2}{g} V \frac{dV}{dx} + \frac{\lambda_{зб}}{2gD} V^2 = 0 \quad (2)$$

$$q = \frac{dQ}{dx} = \frac{d(V\Omega)}{dx} = \frac{k_\phi (H - h)}{\bar{\Phi}} = k_\phi \frac{z}{\bar{\Phi}}, \quad (3)$$

де H – глибина занурення осі трубопроводу від рівня ґрунтових вод; h – п'єзометричний напір в трубі; $z = H - h$ – змінний за довжиною перепад напорів, під дією якого відбувається втікання рідини з навколишнього середовища в трубопровід; Q , V , D , Ω – відповідно, витрата, середня швидкість, діаметр і площа живого перерізу потоку на відстані x від початку труби; $\bar{\Phi}$ – безрозмірний фільтраційний опір дрени (його визначення представляє окрему фільтраційну задачу [6]); k_ϕ – коефіцієнт фільтрації ґрунту навколо труби; $\lambda_{зб}$ – гідравлічний коефіцієнт тертя збірного дренажного трубопроводу; g – прискорення вільного падіння.

Для подальшого аналізу використаємо нові безрозмірні змінні:

$$\bar{V} = \frac{V}{\sqrt{gz_k}}, \quad \bar{x} = \frac{k_\phi x}{\Omega \bar{\Phi}} \sqrt{\frac{z_k}{g}}, \quad \bar{z} = \frac{z}{z_k}, \quad (4)$$

Введемо до розгляду поняття ефективних конструктивних характеристик збірних дренажних трубопроводів. Під останніми будемо

розуміти параметри дренажного трубопроводу, які будуть забезпечувати надходження в дрена мінімально допустимої витрати. Для можливості їх аналітичного визначення виразимо в нових безрозмірних змінних (4) мінімально допустиму зміну відносної швидкості частини потоку рідини (1), яка може надійти в збірник на одиниці його відносної довжини:

$$\bar{q}_{\min} = \left(\frac{d\bar{Q}}{d\bar{x}} \right)_{\min} = \left(\frac{d\bar{V}}{d\bar{x}} \right)_{\min} = \bar{z}_{n.e\phi}, \quad (5)$$

де $\bar{Q} = \frac{Q}{\Omega \sqrt{gz_k}} = \bar{V}$ – відносна витрата рідини, яка чисельно дорівнює відносній швидкості в довільному перерізі дрени; $\bar{z}_{n.e\phi}$ – мінімально допустиме (ефективне) значення відносного перепаду напору в початковому перерізі труби, яке забезпечує необхідну інтенсивність зниження рівня ґрунтових вод.

Зазвичай, при проєктуванні дренажних систем на сільськогосподарських ділянках, довжини останніх, матеріал і фільтраційні характеристики ґрунту і стінок дренажних труб є відомими. Таким чином в результаті розрахунків зазвичай визначаються ефективний діаметр дренажних труб D_{ef} і відстань між дренами E .

В результаті розв'язку системи рівнянь (2), (3), за умови нехтування другим членом в рівнянні (2) в зв'язку з його незначним впливом [7], мінімально допустиме (ефективне) значення відносного перепаду напору в початковому перерізі труби ($\bar{z}_{n.e\phi}$), яке забезпечує надходження в дрена заданої витрати води, можна визначати за залежністю:

$$\bar{z}_{n.e\phi} = \frac{1}{\left[1 + \frac{1}{4A_{ef}\bar{V}_{k.\infty}} \right]^3}. \quad (6)$$

Звідси ефективне значення узагальненого параметра A_{ef} буде дорівнювати:

$$A_{ef} = \frac{1}{4\bar{V}_{k.\infty}} \left(\frac{1}{\sqrt[3]{\bar{z}_{n.e\phi}}} - 1 \right). \quad (7)$$

В приведених залежностях параметр $\bar{V}_{k.\infty}$ представляє собою відносну швидкість руху рідини в кінцевому перерізі трубопроводу нескінченної довжини. Його також можна трактувати як відносну швидкість в кінцевому перерізі трубопроводу обмеженої довжини, але з нескінченною величиною фільтруючою спроможністю його бічних стінок. Даний параметр рекомендується розраховувати за залежністю:

$$\bar{V}_{k.\infty} = \sqrt[3]{\frac{3}{2\zeta_{l_{3\phi}} A_{ef}}} = \sqrt[3]{\frac{12k_{\phi}}{\lambda_{3\phi} \pi D \Phi}} \sqrt{\frac{z_{k.e\phi}}{g}}, \quad (8)$$

де $\zeta_{l_{36}} = \lambda_{36} \frac{l}{D}$ – коефіцієнт опору збірного дренажного трубопроводу.

З (7) ефективний діаметр збірного дренажного трубопроводу (D_{ef} , м) буде становити:

$$D_{ef} = \sqrt[5]{\frac{2\lambda_{36} k_{\phi}^2 z_{\kappa} l^3}{3g\pi^2 \Phi^2 \left(\sqrt[3]{\frac{k_{\phi} z_{\kappa}}{q_m \Phi E}} - 1 \right)^3}}. \quad (9)$$

Отримана розрахункова формула для визначення ефективного діаметру збірних дренажних трубопроводів є досить проста і зручна у використанні. Вона буде корисною при проектуванні реальних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. De Wrachien D., Schultz B., Goli M. B. Impacts of population growth and climate change on food production and irrigation and drainage needs: A world-wide view // Irrigation and Drainage. 2021. Vol. 70, No 5. P. 981-995. <https://doi.org/10.1002/ird.2597>
2. Clemmens A. J., Molden D. J. Water uses and productivity of irrigation systems // Irrigation Science. 2007. Vol. 25. P. 247-261. <https://doi.org/10.1007/s00271-007-0067-y>
3. Kravchuk A., Cherniuk V., Kochetov G., Kravchuk O., Airapetian T. Determination of the particularities of the hydraulic friction factor variation of collecting drainage pipelines // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 6, No 7 (126). P. 33-38. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292258>
4. Кравчук А., Кравчук О., Возний О., Кравчук О. Особливості роботи збірних трубопроводів при наявності транзиту і похилу рівня ґрунтових вод // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2024. Вип. 48. С. 26-32. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2024.48.26-32>
5. Кравчук А., Кравчук О., Ломако А., Кравчук О. Зміна параметрів збірних дренажних трубопроводів при пропуску транзитної витрати // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2022. Вип. 41, С. 52-58. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.41.52-58>
6. Олейник А. Я., Поляков В. Л. Дренаж переувлажненных земель. К.: Наукова думка, 1987. 279 с.
7. Кравчук А., Кравчук О. Визначення ефективних конструктивних характеристик збірних дренажних трубопроводів меліоративних систем // Будівельні конструкції. Теорія і практика. 2023. Вип. 13. С. 149-159. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.13.2023.149-159>

КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС

Інеса Красовська¹, Єлизавета Гребенюк²

¹Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,
i.krasovska@khai.edu, y.v.grebenyuk@student.khai.edu

Сучасний екологічний моніторинг дає нам виклик у зв'язку з війною в Україні. Особливо в областях, де йдуть активні бойові дії, які є приграничними і піддаються частим обстрілам. Однією з таких областей є Сумська. Порівняння екологічних показників Сумської області за 2021 та 2023 роки на основі двох екологічних паспортів показало, що більшість змін у 2023 році пов'язані з воєнною ситуацією, яка знизила індустриальне та транспортне навантаження; оптимізацією природокористування; кліматичними коливаннями (температура, опади); активізацією екологічного контролю на окремих підприємствах [1]. Нажаль на даний момент ще не сформовано екологічний паспорт за 2024 рік. Але у зв'язку з війною ми маємо потужний фактор забруднення навколишнього середовища у вигляді вибухових речовин (ВР) (таблиця 1) [2].

Таблиця 1

Забруднення навколишнього середовища вибуховими речовинами

Тип зброї	Шкода повітря	Шкода ґрунту	Шкода водним ресурсам
FPV-дрони	Викиди CO ₂ (~0.25 кг/дрон), NO _x , частинки PM2.5 з двигунів внутрішнього згорання	Розливи мастил, сліди важких металів з акумуляторів (Li, Ni, Cd), до 10 мг/кг забруднення	Потрапляння електролітів із батарей (вміст фтору, літію — 5–50 мг/л)
БПЛА «Шахед»	При вибуху – до 200 г CO, NO ₂ , SO ₂ ; 15 г формальдегіду; пил та сажа (до 300 мг/м ³)	Незгорілі залишки пального, важкі метали з електроніки (Pb, Cu, Hg), до 100 мг/кг	Потрапляння незгорілого пального, розчинних токсинів у водойми – до 40 мг/л
КАБи	Викиди диму, NO _x , діоксидів сірки та вуглецю — до 3000 мг/м ³ під час вибуху	Вміст ТНТ або гексогену в ґрунті — до 50 г/кг; забруднення свинцем, кадмієм, сполуками амонію	Залишки ВР у воді — до 0.2 мг/л ТНТ, зміни рН, забруднення важкими металами (Cu, Zn, Pb)
Артилерія	Викиди свинцю, діоксиду азоту, чадного газу (до 1 кг на постріл великого калібру)	Забруднення ґрунту уламками, металами, сполуками нітратів (до 80 мг/кг), залишки ВР	Змиви з позицій – потрапляння нітратів, нафтопродуктів у воду — до 30 мг/л

Було проаналізовано веб сайти для екологічного моніторингу з відкритих джерел (таблиця 2).

Таблиця 2

ГІС-платформи для екологічного моніторингу з відкритих джерел

✦ Платформа	🔍 Що відстежує	🌐 Посилання
Sentinel Hub (EO Browser)	Рослинність, пожежі, вода, індекси (NDVI, NBR тощо)	https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser
Global Forest Watch	Вирубка лісів, пожежі, деградація екосистем	https://www.globalforestwatch.org/
NASA FIRMS	Пожежі у реальному часі (супутники MODIS, VIIRS)	https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/
AirVisual (IQAir)	Забруднення повітря в реальному часі по містах	https://www.iqair.com/
Earth Nullschool	Потоки вітру, пилові бурі, концентрація CO ₂ , CH ₄	https://earth.nullschool.net/
MarineTraffic + Copernicus Ocean	Стан морської води, течії, забруднення	https://marine.copernicus.eu/
Map of Garbage (Ukraine)	Виявлення нелегальних сміттєзвалищ	https://map.sche ne.org.ua/
EcoCity (Україна)	Забруднення повітря (PM, NO ₂ , CO) у містах України	https://eco-city.org.ua/
Google Earth Engine	Потужна аналітика змін земної поверхні, ГІС-аналіз	https://earthengine.google.com/
UNEP Live	Дані ООН про глобальні екологічні процеси	https://uneplive.unep.org/
Цукр.	Дані вибухів на Сумщині по місяцях з розподілом за територіальними громадами	https://cukr.city/city/2025/obstrily-berezen-2/

Для картографічного моделювання оцінки сучасного екологічного стану області інформативними для аналізу були дані по забрудненню повітря, пожежам та вибухам на Сумщині. Наприклад в березні було 6927 вибухів

згідно зведень Сумської ОДА. На екологічний стан також впливає промисловість.

Використання геоінформаційних систем дає можливість одночасно на одній території показати різні чинники та показники забруднень навколишнього середовища. Першим етапом формування картографічної моделі екологічного стану Сумської області було створення територіальної просторової моделі, де рожевим виділено деокуповані території, а червоним – зону бойових дій станом на квітень 2025 року (рис 1.) [3]. Наступним кроком було створення точкового шару промисловості та станцій вимірювання забруднення повітря міста Суми (рис. 2). Використання геоінформаційних систем дозволяє створювати атрибутивні бази даних, в яких можливо оновлювати інформацію забруднення повітря зі станцій, вносити зміни викидів в промисловості, додавати нові та відмічати недіючі.



Рис. 1. Картографічна модель поділу Сумщини на деокуповані території (рожеві) та зони бойових дій (червоні)



Рис. 2. Картографічна модель розміщення промисловості ■ та станцій вимірювання забруднення повітря ■ міста Суми

Дані з Global Forest Watch дозволяють актуалізувати інформацію про пожежі в Сумській області та зробити векторний шар (рис. 3) [4].

Екологічна карта Сумської області станом на квітень 2025 року по даним з відкритих джерел представлена на рисунку 5.

Електронна екологічна карта дозволяє проводити просторовий аналіз виявлення забруднювачів довкілля, в тому числі ґрунтів та об'єктів гідрографії, проводити оцінку екологічного стану окремих територій (де потрапила велика кількість вибухових речовин), виявляє необхідність додаткових засад для моніторингу, допомагає визначати місця для проведення

контактних методів оцінки забруднень, дозволяє додавати нові отримані данні та постійно оновлювати інформацію.

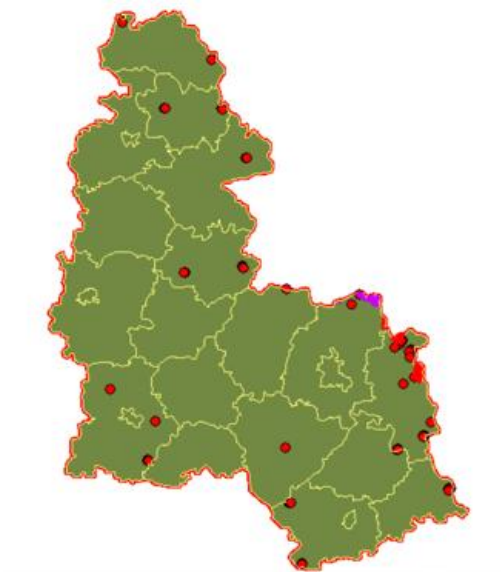


Рис. 3. Картографічна модель пожеж в Сумській області станом на 21.04.2025р.

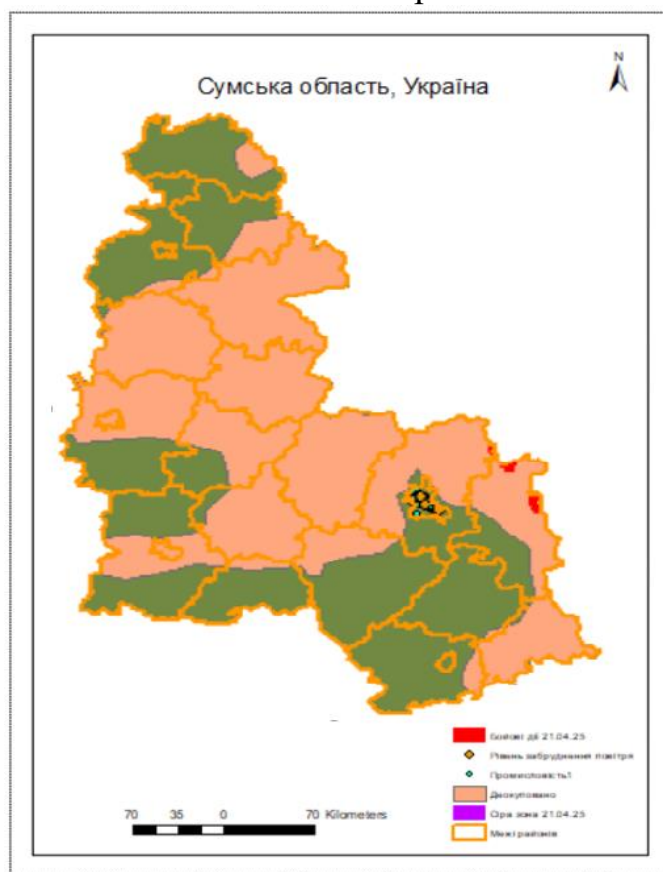


Рис.4. Карта екологічної ситуації Сумської області станом на квітень 2025 року

ЛІТЕРАТУРА

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Екологічні паспорти. URL:

<https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichni-pasporty/>.

2. UN Environment Programme. URL: <https://www.unep.org/resources/report/environmental-impact-conflict-ukraine-preliminary-review/>

3. DEEPSTATE. URL: <https://deepstatemap.live/#6/49.4383200/32.0526800> (access date: 04/21/2025).

4. Global Forest Watch. URL: <https://www.globalforestwatch.org/> (access date: 21/04/2025).

НОВІ ТРЕНДИ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Тетяна Кривомаз

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
kryvomaz.ti@knuba.edu.ua*

Будівельники очікують новий містобудівний кодекс України (Кодекс), робота над яким розпочалася ще у червні 2023 року. У квітні 2025 року робоча група представить детальну концепцію і після її обговорення перейдуть до безпосереднього написання законопроекту, який планують завершити до кінця року. Цей Кодекс повинен замінити законопроект про реформування сфери містобудівної діяльності № 5655, який лобював інтереси девелопменту та центральних органів влади, що суперечило децентралізації, громадській участі і принципу відбудови «краще, ніж було». Фахівці вважають, що за 30 років будівельне законодавство перетворилося на набір неузгоджених інструкцій, які не забезпечують цілісної і збалансованої системи. Чи зможе новий Кодекс вирішити нагальні проблеми будівельної галузі і дійсно встановити нові правила гри планування населених пунктів?

Кодекс – це рамкове законодавство для систематизації і узгодження окремих законів та підзаконних актів для усунення прогалин і виправлення помилок. Він позиціонується як набір механізмів для збалансування відносин у сфері будівництва, щоб в галузі могла встановитись довіра між державою, місцевою владою, бізнесом, спеціалістами та місцевими громадами. Для розробки концепції Кодексу застосовано підхід «знизу догори», тому залучили представників асоціацій, спілок, спільнот і гільдій, які представляють ринок містобудування: археологів, геологів, землевпорядників, міських планувальників, архітекторів, будівельників, девелоперів, пам'яткоохоронців, реставраторів. До робочої групи також увійшли члени профільного комітету Верховної Ради України, народні депутати, представники Міністерств та інших центральних органів влади, експерти галузі та представники громадського сектору і органів місцевого самоврядування. Загалом над розробкою Кодексу на постійній основі працювало 300 осіб. Крім того, до обговорення долучились експерти з 11 країн світу (європейські країни,

Британія, США та Ізраїль), які розповідали про свою систему містобудування, регламентуючу документацію та правила.

Розробники концепції Кодексу виділяють п'ять основних суб'єктів взаємодії у сфері містобудування: мешканці, фахівці, місцеве самоврядування, будівельні та девелоперські компанії, а також органи державної влади. Планується, що кожен з цих суб'єктів зможе реалізувати свій вплив, права, обов'язки і можливість долучитись до розбудови нової України завдяки новому Кодексу. Сподіваються, що кожен громадянин України зможе безпосередньо приймати участь у змінах у своєму місті та вже скоро відчусь покращення якості побудованого середовища. Найістотніші зміни, які принесе Кодекс: гнучкість містобудівної документації, забезпечення відповідальності фахівців, захист та зниження ризиків інвестиції, завершення децентралізації у сфері містобудування і впровадження кращих європейських принципів.

В Кодексі виділено чотири етапи містобудування: просторове планування, проєктування, будівництво і експлуатація об'єктів нерухомості. Крім того розглянуто складні аспекти перепланування, реконструкції та реставрації. Поточне законодавство за кожним з цих напрямків є множинним та складним, тому було чітко визначено наявні проблеми і запропоновано пропозиції по їх врегулюванню з посиланням на перелік відповідних нормативно-правових актів. Кодекс охоплює сфери будівництва, проєктування, експлуатації, реставрації, землеустрою, просторового планування, житлової політики, державного будівельного контролю. Розглядалися аспекти цінового регулювання, фінансування та страхування, публічних закупівель, будівельного і авторського права. Також не залишилися поза увагою соціально-гуманітарна сфера, пам'яткоохоронна діяльність, археологія, благоустрій та реклама, професійна атестація, освіта і наука. В Кодексі враховано транспорт, екологію, енергоефективність, компенсаторні механізми, цивільний захист та цифровізацію.

Світові тренди міського планування також орієнтовані на діджиталізацію, зокрема на розширення використання штучного інтелекту (ШІ) для вирішення економічних, соціальних, екологічних та управлінських проблем [2]. Відповідальне алгоритмічне міське планування може сприяти розумному та сталому розвитку, однак для впровадження ШІ необхідні взаємодія та співпраця між ключовими зацікавленими сторонами у прийнятті міських рішень. Конфіденційність, упередження та нерівність залишаються складними питаннями, які потребують ретельного переосмислення, щоб найкращим чином мінімізувати ці ризики під час впровадження технологій ШІ для міського планування. ШІ використовувався і надалі може використовуватися у низці завдань міського планування для вирішення складних проблем міського розвитку та задоволення потреб і пріоритетів місцевих громад. ШІ має великий потенціал для покращення загального досвіду безпеки, комфорту проживання та сталого розвитку міст та їхніх мешканців інтелектуальним способом. Відкриваються нові перспективи не тільки в поєднанні різних алгоритмів та застосунків ШІ, таких як ШІ та

Інтернет речей, але й у поєднання людського досвіду та ШІ для міського планування. Водночас необхідно усвідомлювати недоліки ШІ та знаходити способи їх вирішення.

Важливо вже зараз розпочати розробку та впровадження стратегій відповідального впровадження ШІ в плануванні. ШІ може допомогти систематизувати бачення громади, розробку планів, стандарти, політику, державні інвестиції, стимули та розвиток [2]. Для планування міст необхідно визначити, як можна використовувати ШІ для автоматизації будь-якого з цих завдань. Водночас слід налагодити оперативний та прозорий збір даних, що генеруються в результаті роботи з планування, щоб налаштувати підтримку аналізу ШІ для кращого прийняття рішень на основі даних та доказів для досягнення стійких результатів.

Великі дані є невід'ємним елементом для ефективного використання ШІ в міському плануванні. Вже працюють реальні додатки штучного інтелекту в міському плануванні, які прокладають шлях від перших користувачів до ширшого впровадження ШІ місцевими органами влади. Досягнення ширшого впровадження ШІ для міського планування передбачає співпрацю та партнерство між ключовими зацікавленими сторонами. Конвергенція штучного та людського інтелекту має вирішальне значення для адекватного вирішення проблем урбанізації та досягнення розумного та сталого розвитку. Завдяки розширеним можливостям штучний інтелект стане одним із основних засобів для досягнення розумного та сталого розвитку міст.

Основні тренди для будівельної галузі України у 2025 році схожі на виклики попереднього року:

- 1) збільшення до 25-40% виробничих витрат внаслідок зростання цін на енергоносії та будматеріали у різних сегментах будівельного ринку;
- 2) дефіцит робочої сили, як низької кваліфікації, так і висококваліфікованих фахівців та інженерів;
- 3) перебої з енергопостачанням у зв'язку з ракетними ударами по енергоінфраструктурі;
- 4) затримка оплати при роботі з держзамовленнями, що вимагає від підрядника наявності значних оборотних коштів;
- 5) уповільнення до 33% динаміки інфраструктурного будівництва через проблеми з держфінансуванням захисту енергооб'єктів [1].

Наразі будівельний ринок України має більше потенціалу, ніж фінансових можливостей і водночас активне будівництво, ремонт та відбудова триває всю війну. Є надія, що завдяки новому Кодексу, діджиталізації та інвестиціям, Україна після війни стане найкомфортнішою країною Європи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основні тренди та виклики будівельної галузі у 2025 році/
<https://profbuild.in.ua/uk/novosti/6537-osnovni-trendi-ta-vikliki-budivelnoji-galuzi-u-2025-rotsi>
2. Son T.H., Weedon Z., Yigitcanlar T., Sanchez T., Corchado J.M., Mehmood R. Algorithmic urban planning for smart and sustainable development:

ЗАПОРУКА УСПІХУ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА – СТАЛИЙ РОЗВИТОК БУДІВЕЛЬНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ (ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВІ КОРЕЛЯЦІЇ У СВІТЛІ СИНГУЛЯРНОСТІ РЕГІОНАЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОЇ ПОЛІТИКИ)

Кудря Ярослав Валерійович

Державна установа “Інститут регіональних досліджень імені М.І. Долишнього Національної академії наук України”, swiss.inc.com@gmail.com

В умовах динамічного розвитку економіки з кожним днем все більшої уваги та значення набуває розв’язання проблематики розвитку не тільки виробництва будівельних матеріалів. Це також торкається і будівельного машинобудування як одного з провідних видів промислової діяльності для економіки України та складової важкого машинобудування.

Водночас всі вищеназвані є незамінними та невід’ємними складовими частинами будівельної промисловості, машинобудування. Відтак сучасний стан, прогресивні підходи, найкращі форми, методи, перспективи розвитку будівельного машинобудування, а отже будівельної промисловості загалом і машинобудування зокрема, сьогодні жваво обговорюються акціонерами будівельних корпорацій та машинобудівних підприємств, підприємцями всіх форм власності, у наукових установах та представниками різних рівнів державного управління.

Подальший динамічний розвиток та якісне підвищення ефективності вітчизняної будівельної промисловості у площинах розвитку будівельного машинобудування і виробництв будівельних матеріалів, рівня комфорту та якості будівель, екологічних стандартів будівельних матеріалів, мінімізація технологічних, операційних та екологічних ризиків у будівельній індустрії, методичний і системний приріст значень показників енергоефективності та ресурсозбереження, військової і цивільної універсальності інфраструктури, виробництва будівельних матеріалів та оборонної стійкості матеріальних активів (основного капіталу – будівель, механізмів, споруд тощо) можливі за умови використання різноманітних сучасних інструментаріїв та засобів, здатних до забезпечення сталого розвитку будівельного машинобудування на рівні регіонів, до комплексного та раціонального розвитку українських машинобудівних виробництв.

Будівельне машинобудування, по суті, є множиною взаємопов’язаних та взаємодіючих промислових виробництв (інакше, виробників будівельної машинобудівної продукції), що інтегруються у машинобудівний сектор.

Очевидно, сталий розвиток будівельного машинобудування регіону – тип поступального розвитку, що орієнтується на забезпечення модернізації виробництв будівельного машинобудування, відтак будівельних матеріалів на

мезорівні економіки країни у часі коштом зменшення енерго-, ресурсо- і трудомісткості, тривалості технологічних процесів та циклів промислового виробництва (чи будівництва), інтеграції процесів виробництва, сервісного обслуговування виробництв будівельних матеріалів і підвищення її якості, екологічної та соціальної безпеки.

Модернізація виробництв будівельного машинобудування – результат підвищення ефективності систем управління, функціонування та розвитку виробників будівельного машинобудування. Так, із цього витікає, що мова йде не тільки про пошуки можливостей та інноваційні зміни технологічних характеристик промислової продукції (тобто будівельної машинобудівної і будівельних матеріалів), але і про проведення ґрунтовнішої конкретизації, деталізації самої квінтесенції, а також змісту процесу розвитку виробництв будівельного машинобудування відповідно до сучасної неоіндустріальної парадигми промислової політики. До слова, це важливі кроки в організації формування доволі прогнозованої політики безпеки та якості будівельних матеріалів. Використання системного підходу дозволяє не лише виявляти недоліки у процесі розвитку виробництв будівельного машинобудування, а і напрацьовувати ефективні механізми запобігання потенційним кризам на ринку будівельних матеріалів. Також їх можна вважати запоруками довіри до ринку первинної нерухомості і системи регулювання будівництва.

З історичних фактів відомо, що будівельне машинобудування є одним з найбільших за обсягом і конкурентоспроможністю сегментів його ринку. У світі просторова локалізація виробництв будівельного машинобудування обумовлена впливом значної кількості різних детермінант, базовою із яких є повсякчас якнайдешевша робоча сила. Орієнтація саме на неї детермінує систематичні структурні зрушення в розміщенні виробництв будівельного машинобудування і не тільки в їхньому територіальному розташуванні, але і в цілому для машинобудування.

Водночас іншим не менш важливим фактором впливу на розміщення виробництв будівельного машинобудування виступає рівень розвитку НТП у країні. Значення рівня детермінує структурні зрушення в вітчизняному і світовому будівельному машинобудуванні. А тренди і тенденції, викликані НТР, зумовили збільшення частки робочої сили у собівартості промислової продукції. Тож економічне та соціальне становище географічних територій з дешевою робочою силою дещо стало кращим, у порівнянні із тими, які володіють ресурсо-сировинною базою.

Динамічний розвиток інформаційних технологій та систем призводить до присутності ускладнення технологічних процесів, циклів промислового виробництва і виробництва будівельного машинобудування. Саме цей таки факт практично спонукав до розподілу останнього на виробників масової і висококваліфікованої, високотехнологічної промислової продукції. Згідно з [1; 2, с. 18; 5, с. 34–35], цей суб'єктивний факт стимулював перенесення масових виробництв будівельного машинобудування, що тривають до цих пір, постільки не вимагають великих витрат висококваліфікованої праці, а також

відсутність формування і зберігання потреби у забезпеченні сталого розвитку висококваліфікованих, комплексних (повного циклу) виробництв будівельного машинобудування.

У свою чергу, глобалізація та інтернаціоналізація, спеціалізація країни стимулюють поглиблення та посилення зв'язків виробничої кооперації між виробництвами будівельного машинобудування у світі. Виникнення ж цієї тенденції у країні обумовлено передусім перевагами збільшення масштабів виробництва будівельного машинобудування.

Динамічний розвиток інформаційних технологій і систем у сукупності з сталим розвитком вітчизняного машинобудівного сектору регіонів, в т.ч. будівельного машинобудування, що, на погляд автора, не менш важливо та критично, повсякчас формують машинобудівний сектор світової економіки чи не з найвищим рівнем потенціалу для реалізації технологічних, зокрема екологічних (або ще так званих “зелених”) інновацій у промислових видах діяльності і будівництві. Останні в сучасних умовах є визначальними задля досягнення високого соціально-економічного рівня життя.

Українське, вітчизняне будівельне машинобудування за рівнем участі у розвитку економіки України, на жаль, зараз відстає від світової динаміки. Попри те, безсумнівно та фактично, повсякчас галузеве машинобудування, зокрема будівельне (припущення автора), є необхідним фундаментом для забезпечення сталого розвитку не тільки вітчизняної промисловості, але і національної економіки [5, с. 10–15]. Очікувано, зі шпальт [5, с. 10–15], що для них характерний достатній рівень виробничо-ресурсного потенціалу та людський капітал.

Отже, основні результати проведених економічних досліджень у [1–5] засвідчили, що для машинобудування, зокрема вітчизняного будівельного, притаманна широта і розгалуженість мережі міжсекторальних зв'язків. Це може бути пов'язано з тими фактами, що машинобудівні виробництва:

по-перше, забезпечують світову економіку та будь-якої країни на всіх рівнях промисловою продукцією проміжного, кінцевого споживання;

по-друге, тіснота міжсекторальних зв'язків, широта та розгалуженість, їх мереже вість – доволі вагомі підстави для щонайменше позиціонування машинобудування у ролі системного сектору реальної економіки регіону із високими значеннями мультиплікативного, синергетичного ефектів впливу на національну і глобальну економіку, її суб'єктів;

по-третє, ефекти та ефективність, наслідки їх сталого розвитку цілком можуть спонукати до розв'язання прикладної проблематики підвищення продуктивності праці і заробітної плати, рівня матеріало-технічної бази та НТП, НТР, технологічну сингулярність.

Апріорі відмова від виробництва і використання матеріальних активів, що не відповідають прогресивним сучасним умовам становлення ринкових відносин та нездатних забезпечувати підвищення конкурентоспроможності промислової продукції – базові типові постулати побудови та модернізації системи сталого розвитку машинобудування на всіх рівнях економіки.

Без перебільшень, підвищення конкурентоспроможності будівельного машинобудування і відповідно якості виробництва будівельних матеріалів, їх екологічних стандартів та мінімізація рівня технологічних, операційних та екологічних ризиків у будівельній промисловості, системність приростів значень показників енергоефективності і ресурсозбереження, безпечності та якості будівель, об'єктів житлової інфраструктури тощо є одним з низки стратегічно важливих викликів для сучасної України, а також системними стратегічними завданнями для вітчизняного машинобудування.

Виконання поставлених завдань шляхом збільшення доданої вартості машинобудівних виробництв у реальній економіці регіонів та ефективності промислової інфраструктури із залученнями висококваліфікованої робочої сили у комплексі з адміністративними, економічними заходами дозволить забезпечити системний сталий розвиток промисловості у регіонах.

Одним з заходів, що володіє високим функціональним потенціалом та у зв'язку із дієвістю, доступністю, ефективністю використання на практиці потребує приділення вкрай особливої уваги є реалізація політики сталого розвитку промисловості у регіонах (за видами промислової діяльності) на засадах відтворення з наступним обов'язковим застосуванням адекватних ринковим ситуаціям моделей механізмів. До слова, це пов'язано із тим, що використання такого типу політики розвитку у сукупності з відповідними їй моделями практичних механізмів здатне стимулювати підвищення рівня раціоналізації структури та, як одні із жаданих, найочікуваніших наслідків – ефективного застосування матеріальних активів у процесі виробництва і підвищення рівня інноваційної активності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гахович Н., Завгородня М. Машинобудування / Енциклопедія сучасної України [Електронний ресурс]. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2018. Режим доступу : <https://esu.com.ua/article-67454>
2. Денисов В., Грищенко О. Процессное управление машиностроительным предприятием: методологические положения и практика : монография. Донецк : ИЭП НАН Украины, 2005. 188 с.
3. Європейський вектор модернізації економіки в умовах сталого розвитку промислового регіону : монографія / [В. Храпкін, С. Коверга, Н. Метеленко та ін.] ; під ред. Н. Метеленко. Київ : Інтерсервіс, 2021. 378 с.
4. Моделювання системи розвитку машинобудівного підприємства : монографія / Н. Касьянова, Н. Вецепура, Д. Солоха. Донецьк : ДонУЕП, 2010. 260 с.
5. Розвиток машинобудування в Україні: проблеми та шляхи їх вирішення : монографія / [Електронний ресурс]; наук. ред. С. Ішук. Львів : ДУ “Інститут регіональних досліджень ім. М.І. Долишнього НАН України”, 2022. 137 с. Режим доступу : <http://ird.gov.ua/irdp/p20220002.pdf>

ЗЕЛЕНІ БАЛКОНИ, ЯК НАПРЯМ У ФІТОДИЗАЙНІ: НОВІ МОЖЛИВОСТІ ОЗЕЛЕНЕННЯ

Вячеслав Курепін

Миколаївський національний аграрний університет

kypins@ukr.net

Зелені балкони - один із напрямків у фітодизайні в Україні тільки починає набирати обертів у порівнянні з європейськими країнами. Ландшафтний дизайн міського балкону - чудова альтернатива великому саду. Звичай, можна використовувати балкон як гараж для велосипеда, додаткову шафу, склад для непотрібних речей тощо. З іншого боку, є чудова можливість доторкнутися до природи на власному балконі, використовуючи невеликий простір для невеликого садочка. Це найкраща можливість покращити життя кожного з нас [1].

На невеликому балконному просторі не повинно бути жодних обмежень, треба недоліки перетворити на переваги, а будь-яку площу та тип балкона цікаво обіграти та зробити справжню оазу. Але створити справжню оазу не так уж і легко, необхіден проєкт зеленого балкона. Розглянемо деякі поради, які треба враховувати створюючи фітодизайн балкону.

Перший крок - планування простору балкону: необхідно визначитися скільки людина буде щодня відвідувати балкон; чи будуть відвідувати балкон малі діти; які кліматичні умови в місті (вітер, вологість тощо). Має значення також розташування будинку, центральні вулиці (забруднення).

Другий крок - визначення форми та простору який буде задіяний під сад. Це може бути кілька діжок, або «зелена» стіна, або весь простір балкона. Наголошуємо, балкон - інженерна споруда, не перевантажуйте її надто сильно. Найвдаліший варіант для вузьких балконів, це згладжування кутів за допомогою округлих конструкцій, та і елементи декору у міні-садку будуть незайвими: яскраві кольори, цікаві форми і структури. Важливо поєднати наповнення балкону з простором усередині квартири.

Маленька площа балкону – не проблема. При правильному плануванні можна зі смаком озеленити навіть мінімальну площу [2]. На так званих французьких балконах, де площі практично немає, раціонально використовують контейнерні композиції.

Третій крок - вибір квітів та рослин - рослини повинні внести різноманітність та фарби у ваш міні-сад. Квіти повинні цвісти весь час. Рослини треба обирати невеликі та повільно зростаючі (карликові форми відомих культур). Намагайтеся ефективно використовувати контейнери, які містять рослини. В одному контейнері можна розмістити кілька рослин; враховується також їхня зональність.

До використання виносних контейнерів треба ставитися відповідально, головне надійність кріплень, особливо виносних (за межами балкона, вікна). Це питання безпеки перехожих. Треба звернути увагу та продумати

водовідведення (пролив води при поливі на нижчі поверхи, зрозуміло, небажаний).

Краще на балконі організувати налаштований автоматичний полив рослин. Якщо це витратно, необхідно зробити ставку на великі контейнери та використовувати мульчування тріскою

На балконах з інсоляцією треба використовувати ярусність, це рятівне рішення. Не завадить і використання ліан як куліс (штори) першого ярусу озеленення. Такі балкони привертають увагу та приносять гарний настрій.

Балкон можна прикрасити не лише квітами, а й травами. Вибирати квіти необхідно з урахуванням регіональних кліматичних особливостей та забруднення навколишнього середовища [3]. В центрі великого міста та промислових зонах навряд можна на відкритих балконах вирощувати кулінарні трави. Такі продукти не будуть екологічно чистими [4].

Якщо балкон не виходить на завантажену транспортом вулицю, то влітку, а в деяких зонах і навесні та ранньою осінню, можна виростити: петрушку, м'яту, салат, часник, цибулю, вербену, мелісу, бергамот, розмарин тощо. Можна також прикрасити балкон декоративними травами, тобто травами, які не вживаються. Балкони прикрашають і квітами, вирощеними самостійно, а також придбаними квітами з магазинів, що вже квітнуть. Такі квіти продаються в одноразових кашпо. Квіти, що найчастіше зустрічаються, висаджуються на балконах, це: петунія, герань, настурція, фуксія, горошок декоративний тощо.

Трави також треба вибирати залежно від кліматичних зон. Для півночі більше підійдуть осоки різних видів, фаларис, вівець, луговик, лисохвіст. Для південних районів - різні злаки: кортадерія, канарковий, ковила, міскантус, просо тощо. Добре виглядає поєднання високих, середніх та низьких трав. Красивим є поєднання декоративних трав з багаторічними рослинами: веронікою, ломикаменю, шавлія діброва тощо. Не можна забувати і про кучеряві рослини: лимонник, декоративний виноград, квасоль кучерява, запашний горошок, хміль, які можуть забезпечити тінь і приватність, якщо балкон добре проглядається.

Є ще два дуже привабливих напрямку використання зеленого балкону [5]. Крім простого використання квітів і трав, балкон можна «засіяти» пряними травами, такими як: базилік, котяча м'ята, ромашка, часник, кінза, кріп, лаванда, петрушка, розмарин, естрагон, чебрець тощо.

Широке поле для діяльності на балконі, це плодові культури. Садову суниця при правильному вирощуванні створить ефект каскаду і порадує смачними ягодами. Лохина успішно вирощується на тіньових балконах. Рекомендовано її висаджувати разом з рододендроном, вересом та гортензією в один контейнер.

Треба експериментувати з карликовими сортами плодових дерев та чагарників. Наприклад з червоною та чорною смородиною, персиками тощо. Зауважимо, йдеться річ про спеціальні контейнерні сорти, причому на таких же карликових підщепах.

Доречи, для балконів не виняток тропічні плодові рослини, такі як: папайя, банан, інжир, лічі, фейхоа, карамболь тощо. Їх реально можна вирощувати, але мають бути оранжерейні умови. Такого досягають лише в закритих лоджіях, організувавши спеціальну систему зволоження та додаткове освітлення. На закритих лоджіях, за умови зимівлі до +10 градусів, можна вирощувати і інжир та цитрусові.

Отже, для озеленення балконів немає жодних обмежень: ні за площею, ні за стороною будинку. Все впирається лише у бажання озеленити простір довкола себе. Для цього не треба бути професіоналом у фітодизайні. Балкони, прикрашені квітами, міні-огородиками та оранжереями, приємні своїм господарям і прикрашають навіть звичайнісінький будинок зовні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курепін В. М., Іваненко В. С. Екологія та війна, погляд через минуле у майбутнє, глобальні виклики, загрози // *Ekologia i racjonalne zarządzanie przyrodą: edukacja, nauka i praktyka [Zasób elektroniczny]: materiały z międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej* (Łomża – Żytomierz, 15.11.2023 r.). Łomża : MANS w Łomży, 2023. С. 265-275. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/16200>.

2. Юрченко К. Д. Покращення стану навколишнього середовища: концепція життєвого циклу. Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції : матеріали Х Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 23-25 жовтня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 172-175. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18923>.

3. Іваненко В. С. Зміна клімату: причини та наслідки // Інформаційно-психологічна та техногенна безпека: історичні аспекти, особливості захисту суспільства та особистості: матеріали доповідей за результатами проведеного спільного «круглого столу» обліково-фінансовий факультет, інженерно-енергетичний факультет, м. Миколаїв, 9 грудня, 2021 р. Миколаїв : МНАУ, 2021. С. 45-48. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10685>.

4.. Лазіс М. І. Позитивні тенденції до цінування здоров'я та благополуччя персоналу. OSHAgro – 2024 : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 30 вересня 2024 року). Київ : МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Науково-виробничий журнал «Охорона праці», Європейське співтовариство з охорони, 2024. С. 207-209. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18907>.

5. Ivanenko V. Technological load on the natural environment of the Mykolaiv region: problems, solution ways. Науково-практична конференція, присвячена Всесвітньому метеорологічному дню «На варті кліматичних дій» та Всесвітньому дню водних ресурсів «Вода для миру» (м. Київ, 22-23 березня 2024 р.). Київ, 2024. С. 146-148. URL:<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18868>.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ ДВОРОВОЇ МЕРЕЖІ ПОБУТОВОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ

Кушка Олександр Миколайович, Нечипор Оксана Михайлівна,

Гіжа Олена Олександрівна, Котенко Марина Іванівна

*Київський національний університет будівництва та архітектури,
kushka.om@knuba.edu.ua, nechypor.om@knuba.edu.ua, gizha.oo@knuba.edu.ua,
kotenko_mi-2023@knuba.edu.ua*

Попри те, що централізоване водопостачання будинків, а відповідно і дворові каналізаційні мережі, існують вже більше ста років, і дотепер є питання, пов'язані з їхнім розрахунком, які потребують сучасного розгляду саме з наукової точки зору. Одним з таких питань є пошук оптимального варіанта трасування дворових мереж під час забудови нових територій або реконструкції старих.

На перший погляд, задача трасування дворових каналізаційних мереж виглядає тривіальною, проте навіть незначні помилки та відхилення від найбільш оптимального варіанту можуть становити солідні суми, якщо їх перевести в грошовий еквівалент і помножити на загальну площу житлової забудови та кількість населених пунктів.

Тож зупинимось на питанні трасування дворової мережі побутової каналізації більш докладно. Якщо звернутись до нормативної фахової літератури, а саме, до державних будівельних норм [1], то в п. 1.1 та п. 1.2 ДБН «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди» [1] знаходимо інформацію, що норми поширюються на проектування «систем і схем» водовідведення населених пунктів, реконструкцію мереж. І далі п. 5.4. [1] читаємо: «Технологічні схеми повинні забезпечувати економічність та ефективність мереж протягом розрахункового строку їх експлуатації».

Найбільш конкретна настанова щодо трасування мереж каналізації викладена в розділі 8.1 «Розташування та умови прокладання каналізаційних мереж», а саме в пункті 8.1.1 написано: «Розташування каналізаційної мережі повинно відповідати принципівій схемі каналізування населеного пункту».

Це все. В нормативній літературі відсутні параметри, які потрібно врахувати аби забезпечити економічність та ефективність мереж протягом розрахункового строку їх експлуатації. Відсутні також критерії та методики, за допомогою яких можна було б оцінити оптимальність трасування чи те, яка з можливих схем прокладання каналізаційних труб є найкращою.

Для розв'язання задачі визначення оптимального трасування каналізаційних мереж пропонується застосовувати динамічне програмування [3], ітераційну математичну оптимізацію [4], математичну модель з можливістю змінювати початкові параметри, іноді пов'язані між собою, а саме: початкові геодезичні відмітки труб, ухили, об'єм земляних робіт тощо [5]. Цими роботами не обмежуються варіанти пошуку оптимального трасування каналізаційної мережі, але головне в них вже присутнє. Це використання

комп'ютерних застосунків, створених на базі відповідних математичних моделей.

Однак у наведених вище наукових працях розглядаються не дворові трубопроводи, а каналізаційна мережа всього міста. Тому запропоновані в них методики є занадто складними і через це неприйнятними для проектування квартальної мережі побутової каналізації. Попри це основні змінні, які впливають на економічність мереж що проектується, будуть однаковими як для міської, так і для квартальної каналізаційної мережі, хоча для останньої потрібен простий експрес-метод оцінки ефективності трасування, який би враховував дві складові економічної мережі: оптимальна схема, оптимальний розрахунок.

В практиці проектування другій складовій не завжди приділяється належна увага. Ймовірно, це пов'язано з тим, що для розрахунку окремих ділянок безнапірної мережі потрібно врахувати швидкість, яка не може бути менше 0,7 м/с; ухил труби, не менше 0,008; наповнення труби (H/D), це відношення висоти шару води в трубі до діаметра труби, яке може змінюватись в діапазоні від 0,3 до 0,7.

Друга складова нами вирішена використанням застосунку «Canalization». В цьому застосунку, при визначенні розрахункових величин на окремих ділянках каналізаційної мережі, використана методика ДБН п. 8.2.1. [1], а витрати на окремих ділянках визначенні за табл. А.5, [2].

Скриншоти окремих вікон застосунку представлено на рисунку.

В результаті розрахунку отримуємо оптимальне значення всіх технологічних та будівельних величин: ухилу, наповнення, швидкості, глибини залягання труби, відміток, тощо.

В роботах [3, 4, 5] зазначається, що будівельна вартість окремих ділянок каналізаційної мережі складається з вартості труб, колодязів та земляних робіт. Відомо, що на експлуатаційні витрати для каналізаційної мережі впливають два параметри: діаметр та глибина залягання труб.

Діаметр дворових мереж побутової каналізації не може бути менше 150 мм (160) [п. 8.3.1, 1], а більше малоймовірно для більшості кварталів (при 550 квартирах розрахунковий ухил мережі дорівнює мінімальному при швидкості 0,81 м/с; при 1000 квартирах ухил – 0,0222, швидкість – 1,35 м/с). Тобто наступний діаметр 200 мм, не часте явище.

Об'єм земляних робіт при збільшенні діаметру труби зі 160 до 200 мм не змінюється. Тож впливом діаметра на розрахунок оптимальності трасування можна знехтувати.

Тоді безрозмірний параметр для визначення оптимальної схеми дворової каналізаційної мережі буде мати вигляд

$$YSN = \frac{l(h_{mt} + N \cdot h_{mw})}{S};$$

де – YSN – безрозмірний параметр; l - довжина розрахункового напрямку, від розрахункового будинку до колодязя міської мережі, м; h_{mt} - середня глибина залягання труб на розрахунковому напрямку, м; h_{mw} - середня глибина

каналізаційних колодязів на розрахунковому напрямку, м; N – кількість каналізаційних колодязів на розрахунковому напрямку, шт.; S - площа кварталу каналізування, m^2 . Менше значення – краща мережа.

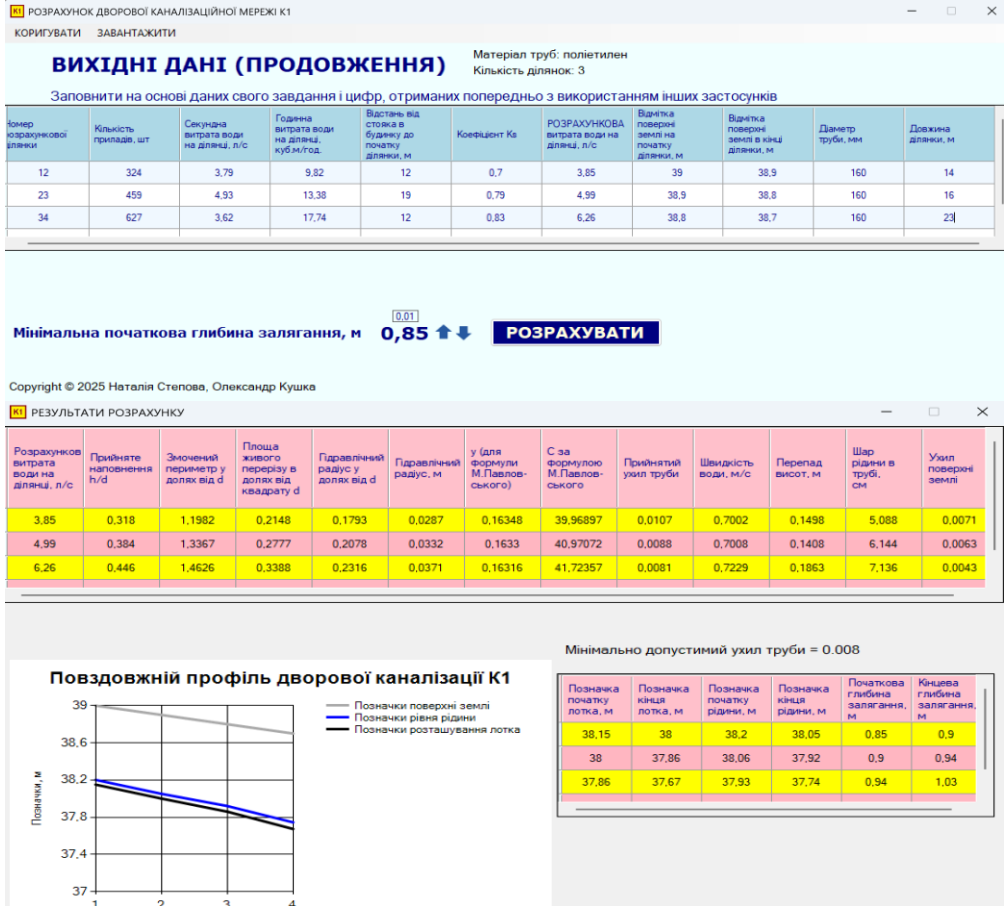


Рис.1. Скриншоти окремих вікон застосунку для розрахунку дворової каналізаційної мережі

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Мінрегіон України. К.: Укрархбудінформ, 2013. 96 с.

2. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Мінрегіон України. К.: Укрархбудінформ, 2013. 105 с.

3. Nagoshe S. R., Rai R. K., Kadam K. N. Optimization of sewerage network by dynamic programming. Proceedings of 3rd IRF International Conference, 10th May-2014, Goa, India, 120-125. ISBN: 978-93-84209-15-5

4. Natalia Duque, Daniel Duque, Andrés Aguilar, Juan Saldarriaga. Sewer network layout selection and hydraulic design using a mathematical optimization framework. Water 2020, 12, 3337-3359; doi:10.3390/w12123337.

5. Tulin Cetin, Mustafa Erkan Turan, Mumin Emre Senol. Effects of decision variables selection on sewer optimization Problem Appl. Sci. 2025, 15(9), 4836-4852; https://doi.org/10.3390/app15094836

ПАСИВНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ БУДІВЕЛЬ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ: АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗЕЛЕНОГО ДАХУ

Любов Лепська

*Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА),
lepska.la@knuba.edu.ua*

З метою підвищення екологічної ефективності людської діяльності, яка призведе до більш сталого використання ресурсів, будівельний сектор відіграє важливу роль, відповідаючи приблизно за 40% як викидів забруднюючих речовин в атмосферу [1, 2], так і споживання енергії для цілей кондиціонування повітря [3, 4, 5]. У цій перспективі було реалізовано різні стратегії [6, 7, 8, 9], і в останні кілька років було докладено більше зусиль для просування дій та пошуку нових підходів для зменшення впливу будівельного сектора на навколишнє середовище [10, 11, 12, 13].

Зокрема, скорочення споживання енергії [8] разом із зменшенням викидів парникових газів [14] є двома найважливішими аспектами, яким приділено більше уваги.

При спробі зменшити вплив будівель на навколишнє середовище, пов'язаний із цілями кліматизації, можна розглянути дві основні категорії компонентів, технічні установки та огорожувальні конструкції, які пов'язані взаємним синергетичним зв'язком. Більш детально, зменшення впливу, пов'язане з технічними установками, полягає у використанні більш ефективних активних систем, які, однак, спричиняють споживання енергії, тоді як для огорожувальних конструкцій будівлі можна використовувати пасивні системи (без споживання енергії). Такі пасивні компоненти дозволяють досягти зменшення як споживання енергії будівлею (а також зменшення розміру та часу використання технічних установок), так і загального впливу будівлі на навколишнє середовище.

Серед пасивних рішень останнім часом більшу увагу приділяють зелені дахи [15, 16] не тільки через їхню здатність зменшувати енергетичні потреби будівлі для кондиціонування повітря [17, 18], але й через їх здатність позитивно впливати на зовнішнє міське оточення. Фактично, використання зелених дахів пов'язане з різними перевагами для навколишнього середовища, включаючи зменшення забруднення повітря [19, 20], покращення управління стоковою водою [21, 22], пом'якшення шуму [23], збільшення міського біорізноманіття [24] та пом'якшення ефектів міського теплового острова (UHI) [25, 26]. Крім того, було продемонстровано, що вони позитивно впливають на рівень комфорту всередині будівель [27].

Незважаючи на те, що тема зелених дахів широко розглядалася з багатьох різних точок зору, як аналітично, так і експериментально, було виявлено деякі обмеження, які можуть бути вдосконалені: зокрема, роль субстрату в загальному впливі цього компонента на навколишнє середовище, ефективний аналіз, пов'язаний із вартістю операцій з утилізації, і поточний

стан бази даних параметрів, необхідних для моделювання радіаційного теплообміну, що відбувається в рослинний шар цих компонентів. Крім того, на думку авторів цієї статті, незважаючи на широке розповсюдження таких технологій у міському контексті, брак широких знань про вплив на навколишнє середовище різних фаз життєвого циклу зеленого даху, а отже, про його загальний вплив на навколишнє середовище, здається, все ще існує.

ЛІТЕРАТУРА

1. IEA 2018 Global Status Report – Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector Global Alliance for Buildings and Construction – UN environment.

2. International Energy Agency. CO2 emissions from fuel combustion highlights (2017).

3. JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT – Energy consumption and energy efficiency trends in the EU-28 for the period 2000-2016 – Tsemekidi-Tzeiranaki, S., Bertoldi, P., Labanca, N., Castellazzi, L., Serrenho, T., Economidou, M., Zangheri, P. – 2018.

4. Energy Performance of buildings EU. Statistics from European Commission on energy performance of buildings. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energyefficiency/energy-performance-of-buildings>.

5. European Union. EU Energy in figures statistical pocketbook (2017).

6. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

7. United Nations. A/RES/70/1. General Assembly. Distr.: General 21 October 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.

8. European Commission. Brussels, 28.11.2018 COM(2018) 773 final. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, THE COMMITTEE OF THE REGIONS AND THE

EUROPEAN INVESTMENT BANK. A Clean Planet for all A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy.

9. ITALY'S NATIONAL ENERGY STRATEGY (2017). Ministero dello Sviluppo Economico; Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare.

10. The European Parliament and the Council. Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. 4.1. Official Journal of the European Communities L 1/65; 2003.

11. The European Parliament and the Council. Directive 2010/31/EU of the European parliament and of the council of 19 may 2010 on the energy performance of buildings (recast) 18.6. Official Journal of the European Union L 153/13; 2010.

12. European Commission. Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings, Official Journal 2012; L 081.
13. F. Bisegna, L. Cirrincione, B. Lo Casto, G. Peri, G. Rizzo, G., Scaccianoce, G. Sorrentino, Fostering the energy efficiency through the energy savings: The case of the University of Palermo, Proceedings
- 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019, art. no. 8783774 (2019).
14. The European Parliament and the Council. Decision No 1386/2013/EU of the European parliament and of the council of 20 November 2013 on a general union environment action programme to 2020 ‘living well, within the limits of our planet’.28.12. Official Journal of the European Union L 354/171; 2013.
15. M. Shafique, A. Azam, M. Rafiq, M. Ateeq, X. Luo, An overview of life cycle assessment of green roofs, Journal of Cleaner Production (2020) - article in press.
16. M. Shafique, R. Kim, M. Rafiq, Green roof benefits, opportunities and challenges – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90 (2018), pp. 757-773.
17. A. Colmenar-Santos, L.N. Terán de Lober, D. Borge-Diez, M. Castro- Gil, Solutions to reduce energy consumption in the management of large buildings, Energ Buildings 56 (2013), pp. 66-77.
18. H.F. Castleton, V. Stovin, S.B.M. Beck, J.B. Davison, Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit, Energ Buildings 42 (2010), pp. 1582-91.
19. I. Jaffal, S.E. Ouldboukhitine, R. Belarbi, A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance, Renew Energ 43 (2012), pp. 157-164.
20. F. Ascione, N. Bianco, F. de’ Rossi, G. Turni, G.P. Vanoli, Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? Appl Energ 104 (2013), pp. 845-859.
21. S. Parizotto, R. Lamberts, Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil, Energ Buildings 43 (2011), pp. 1712-1722.
- A. Nardini, S. Andri, M. Crasso, Influence of substrate depth and vegetation type on temperature and water runoff mitigation by extensive green roofs: shrubs versus herbaceous plants, Urban Ecosyst 15 (2011), pp. 697-708.
22. B. Dvorak, A. Volder, Rooftop temperature reduction from unirrigated modular green roofs in south-central Texas, Urban Forestry & Urban Greening 12 (2013), pp. 28-35.
23. T. Van Renterghem, M. Hornikx, J. Forssen, D. Botteldooren, The potential of building envelope greening to achieve quietness, Build Environ 61 (2013), pp. 34-44.
24. J. Yang, D. Ilamathy M. Kumar, A. Pyrgou, A. Chong, M. Santamouris, D.

Kolokotsa, S. E. Lee, Green and cool roofs' urban heat island mitigation potential in tropical climate, *Solar Energy*, 173 (2018), pp. 597-609.

25. P. Bevilacqua, D. Mazzeo, R. Bruno, N. Arcuri, Surface temperature analysis of an extensive green roof for the mitigation of urban heat island in southern mediterranean climate, *Energy and Buildings*, 150 (2017), pp. 318-327.

26. L. Cirrincione, M. La Gennusa, G. Peri, G. Rizzo, G. Scaccianoce, G. Sorrentino, S. Aprile, Green Roofs as Effective Tools for Improving the Indoor Comfort Levels of Buildings—An Application to a Case Study in Sicily, *Applied Sciences*, 10 (2020), 893.

27. P. Ferrante, M. La Gennusa, G. Peri, G. Rizzo, G. Scaccianoce, Vegetation growth parameters and leaf temperature: Experimental results from a six plots green roofs' system, *Energy*, 115 (2016), pp. 1723-1732.

ГІДРОЕНЕРГЕТИКА ЯК СКЛАДОВА ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Олена Котовенко, Олена Мірошниченко¹, Світлана Литовченко²

Київський національний університет будівництва і архітектури,

kotovenko_ea@ukr.net, elenamiroshka@ukr.net

ПрАТ «Укргідроенерго», drazena2012@gmail.com,

Гідроенергетика – це традиційне, випробуване часом, відновлюване джерело електроенергії та одне з найпоширеніших і найнадійніших джерел енергопостачання в сучасному світі.

Наприклад, в Україні встановлена глобальна потужність гідрогенерації в 2020 складала більше ніж 1300 ГВт, тобто забезпечувала близько 20% загального виробітку електроенергії [1]. Гідроенергетика є також ефективним доповнювачем до інших джерел електроенергії, насамперед сонця і вітра, завдяки високим регуляторним здатностям і є найефективнішою за коефіцієнтом корисної дії технологією виробництва електроенергії (96%).

Виробництво електроенергії за рахунок застосування поновлюваних гідроенергетичних ресурсів відноситься до найважливіших природозбережувальних та ресурсозбережувальних технологій які дозволяють оберігати навколишнє середовище від забруднення відходами альтернативних (традиційних) джерел електроенергії. Наприклад, для одержання 2650 млн. кВт·год електроенергії, які виробляються усіма ГЕС у світі, потрібно було б щорічно спалювати на ТЕС 1 млрд. тон умовного органічного палива, що призвело б до дуже серйозних негативних наслідків для навколишнього середовища і, відповідно, до підвищення захворюваності, погіршення здоров'я і передчасної смерті тисяч людей. Тому з точки зору навколишнього середовища, збереження життя та здоров'я людини, енергія, що виробляється ГЕС, є чистою.

Саме ГЕС з великими водосховищами комплексного призначення та їх каскади, виконуючи задачі регулювання стоку річок, утворюють водогосподарські комплекси. Вони включають енергетику, комунально-

побутове, промислове, сільськогосподарське водопостачання, зрошення, водний транспорт, рибне господарство, рекреацію, забезпечуючи потреби людини в енергії, воді, продовольстві, відпочинку тощо шляхом застосування екологічно чистих поновлюваних природних ресурсів. Вони також забезпечують захист природного і соціального середовища від повеней, гарантуючи соціально-екологічні спуски з водосховищ у маловодні роки, що грає важливу роль в охороні навколишнього середовища, тому що наслідки повеней, посух можуть бути катастрофічними.

В той же час гідроенергетика здатна негативно впливати на навколишнє середовище, особливо на річкові і прирічкові екосистеми, здатна завдавати значну і часто незворотну шкоду річкам, біорізноманіттю тощо [2,3].

Тобто, як основні недоліки гідроенергетики, можна визначити:

1. Екологічну руйнацію: посилену ерозію під дамбою, зміну русел річок, вплив на тварин і рослини тощо. Однак ці негативні наслідки передбачувані і можуть бути зменшені за рахунок ефекта резервуара.

2. Необхідність будівництва дамб, переселення населення з затоплюваних ділянок, великі інвестиції в інфраструктуру.

3. У районах з великими коливаннями рівня води в сезон опадів вироблення електроенергії невелике або може виникати навіть його нестача у посушливий сезон.

4. Нижче за течією зменшується шар родючого алювіального ґрунту.

Окрім того, існують також деякі потенційні недоліки цих технологій. Один з них полягає в тому, що великомасштабні проєкти можуть значно впливати на довкілля. При реалізації таких проєктів потрібно враховувати необхідність забезпечення сталості та кліматичної стійкості; старіння об'єктів та пов'язані з цим інвестиційні потреби; необхідність адаптації експлуатації та технічного обслуговування до сучасних вимог енергосистем; застарілі ринкові структури та бізнес-моделі.

ГЕС та ГАЕС відіграють виняткову роль в об'єднаних енергосистемах, покриваючи пікову частину графіку навантажень, а ГРЕС також закривають провальну частину графіка, виконуючи функцію аварійного та навантажувального резервів, забезпечуючи надійне електрозабезпечення населення, комунального господарства тощо, попереджують їх відключення в аварійних ситуаціях та пов'язані з цим негативні наслідки для навколишнього середовища.

Таким чином основні переваги гідроенергетики це: 1) чистота: водна енергія є відновлюваним джерелом енергії, практично не забрудненим; 2) низька експлуатаційна вартість і висока ефективність; 3) електропостачання на вимогу; 4) невичерпна і поновлювана; 5) контроль затоплення; 6) забезпечення поливної води; 7) поліпшення річкового судноплавства; 8) Супутні проєкти також покращують транспорт, енергопостачання та економіку району, особливо для розвитку туризму та аквакультури.

Інститутом відновлювальної енергетики (Renewable Energy Institute, Japan) на основі аналізу сучасного стану відновлювальної енергетики та

прогнозу її подальшого розвитку були зроблені висновки, що гідроенергетика є життєво важливою частиною глобального енергетичного переходу.[4]

Гідроенергетика виробляє чисту енергію і це одна з найочевидніших переваг її використання. Гідроенергетика не забруднює повітря, що призводить до скорочення викидів вуглекислого газу. Вона також є повністю відновлюваною, оскільки вода нікуди не зникає, а постійно повертається у вигляді опадів.

Гідроенергетика є низькозатратною, витрати, пов'язані з гідроенергетикою, є найбільш конкурентноспроможними у галузі відновлювальної енергетики. Це доступна альтернатива іншим джерелам енергії, яка забезпечує низьку вартість електроенергії та сталість її виробництва. Витрати на будівництво можна навіть зменшити, використовуючи вже існуючі споруди, такі як мости, тунелі та дамби. Гідроенергетика використовує внутрішні водні ресурси, завдяки чому досягається цінова стабільність та унеможливорюються ринкові коливання. Крім того, вона дозволяє країнам виробляти власну енергію, зменшуючи залежність від міжнародних джерел палива.

Гідроенергетика є високонадійним джерелом енергії на відміну від сонячної і вітрової енергії, які можуть бути нестабільними і залежать від погодних умов, гідроенергетика є сталою і передбачуваною, що робить її цінним джерелом для стабілізуючого впливу на енергосистеми.

Традиційні гідроенергетичні об'єкти можуть швидко переходити від нульової потужності до максимальної. Ця здатність миттєво генерувати електроенергію в мережу забезпечує необхідну резервну потужність під час великих відключень або перебоїв в електропостачанні. Вода може зберігатися у водосховищах, що дозволяє регулювати виробництво електроенергії відповідно до потреб споживання, залишаючи простір для розширення інших відновлюваних джерел енергії.

Однією з найбільших переваг гідроенергетики є те, що вона забезпечує підтримку інших джерел енергії, що створює базу для подальшого втілення і розширення зеленої енергетики.

Література

1. Hydropower Status Report. Sector trends and insights. (2020). International Hydropower Association (IHA). Available from <https://www.hydropower.org/publications/2020-hydropower-status-report>
2. Riverine Ecosystem Management. Science for Governing Towards a Sustainable Future/ (2018)/ Schmutz, S., Sendzimir, J. (editors). Aquatic Ecology Series. Vol. 8. Springer Open. 562 p.
3. Environmental, Climate and Social Guidelines on Hydropower Development. Guidelines on Hydroelectric Development. (2019). European Investment Bank. Available from https://www.eib.org/attachments/eib_guidelines_on_hydropower_development_en.pdf

4. REI Energy Transition Scenario Through Renewable Energy. (2024) Renewable Energy Institute. Japan. Available from <https://www.renewable-ei.org/en/activities/reports/20241225.php>

ЗАХИСТ ВІД ШУМУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ШУМОЗАХИСНОГО КОРОБА

Максименко Артем Віталійович, аспірант, Клімова Ірина Володимирівна
Київський національний університет будівництва і архітектури,
mksmnkart@gmail.com

Одним із найбільш розповсюджених видів акустичного забруднення є шум від інженерного обладнання. Такі джерела шуму оточують людину майже у всіх сферах її життєдіяльності, в тому числі і під час трудової діяльності [2]. В питанні трудової діяльності джерела шуму, які впливають на людину, можна розділити на за місцем розташування на внутрішні і зовнішні.

Внутрішні джерела шуму генеруються в межах робочого місця та виробничого процесу. До внутрішніх джерел шуму можна віднести: обладнання вентиляції і кондиціонування (фанкойли, внутрішні блоки кондиціонерів), побутове інженерне обладнання (електрочайники, компресори холодильників, шум комп'ютерного обладнання) та шум від спеціалізованого технологічного обладнання (верстати, ручний електроінструмент, лінії виробництва).

Зовнішні джерела генерують шум поза робочим місцем і локалізуються за межами будівлі, в якій знаходяться працівники. До таких джерел можна віднести зовнішні елементи систем вентиляції і кондиціонування, генераторне обладнання, шум від вантажно-розвантажувальних робіт та шум від функціонування сусідніх промислово-виробничих будівель.

Актуальною проблемою останніх років в Україні – є використання електричних генераторів, які є джерелами зовнішнього шуму.

Дана робота оцінює рівень шуму, що генерується під час роботи електричного генератора і дає оцінку зменшенню рівня шуму за допомогою індивідуального шумозахисного короба.

Робота базується на проведенні натурних акустичних вимірювань електричного генератора, що розташований під офісною будівлею (на відстані 7 м від фасаду) до використання акустичних рішень (шумозахисний короб) і після його встановлення. В якості джерела шуму, був обраний звичайний бензиновий генератор, а не інверторний, оскільки інверторний генератор змінює кількість обертів, в залежності від навантаження, що не дозволяє говорити про постійний рівень шуму і вводить поняття мінімального і максимального рівня. Звичайний бензиновий генератор працює на одних і тих самих обертах і видає один і той самий рівень шуму.

Нижче представлені результати натурних вимірювань роботи електрогенератора без використання акустичних заходів на відстані 5 метрів від обладнання (табл. 1).

Таблиця 1

Рівні звукового тиску від електрогенератора на відстані 5 м

Частота, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	$L_{Aекв}$
Рівень звукового тиску на відстані 5 м	81,9	77,7	71,8	70,4	68,6	68,7	64,7	59,7	73

Результати вимірювань представлені у вигляді рівнів звукового тиску L , Дб, в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 Гц [3]. Також результати представлені у вигляді еквівалентного рівня звукового тиску $L_{Aекв}$, дБА.

З метою зменшення рівня шуму від роботи електрогенератора було спроектовано і реалізовано конструкцію шумозахисного короба [4]. Схема представлена на Рис. 1.

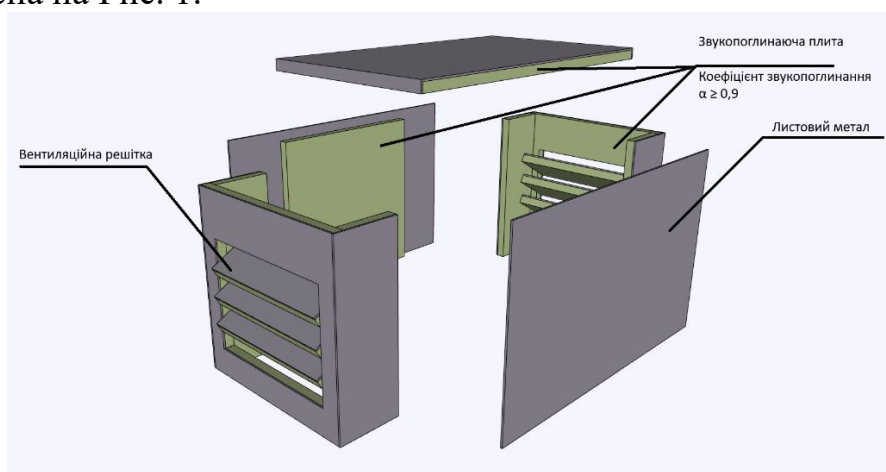


Рис. 1 Схема влаштування шумозахисного короба



Рис. 2 Реалізований шумозахисний короб

Нижче представлені результати натурних акустичних вимірювань після використання акустичного рішення (табл. 2).

Таблиця 2

**Рівні звукового тиску від електрогенератора на відстані 5 м з
використанням шумозахисного коробу**

Частота, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	$L_{A_{екв}}$
Рівень звукового тиску на відстані 5 м	78,6	76,9	68,8	64,7	52,1	49,4	46,3	43,3	59

На Рис.3 представлений порівняльний графік рівнів шуму в октавних смугах з середньгеометричними частотами.

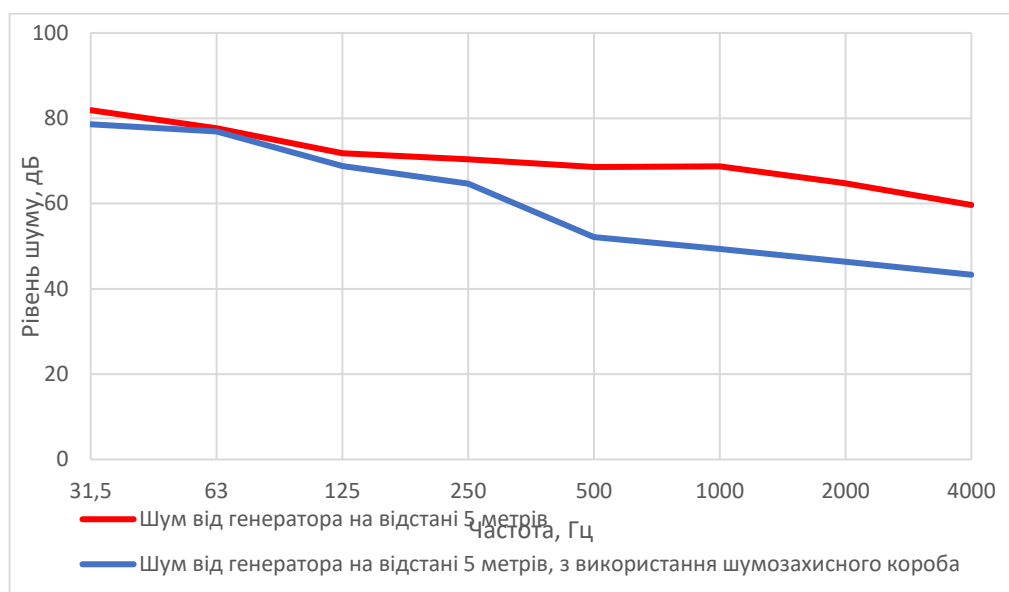


Рис. 3 Порівняння рівнів шуму в октавних смугах з середньгеометричними частотами

Згідно з отриманими результатами натурних вимірювань, використання даного індивідуального шумозахисного короба, знижує рівень акустичного забруднення на відстані 5 метрів на 14 дБА ($L_{A_{екв}}$). А проаналізувавши результати в октавних смугах з середньгеометричними частотами, можна зазначити високу ефективність в діапазоні частот від 250 Гц до 4000 Гц.

Реалізація подібних рішень є досить ефективним з точки зору зменшення рівня акустичного забруднення і його негативного впливу на людину. Але не варто забувати про акустичні рішення, які можна запроваджувати на етапі проектування будівель різного типу. До таких рішень можна віднести [1]:

- Об'ємно-планувальні рішення. Перенесення інженерного обладнання в місця, де його вплив на працівників буде мінімізований або взагалі відсутній;
- Архітектурні рішення. Передбачення наявності окремих приміщень під шумне обладнання, яке не працює в стаціонарному режимі;
- Підбір менш шумного інженерного обладнання;
- Визначення прогнозованих рівнів шуму розрахунковими методами або

методами математичного моделювання на етапі проектування;

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму. — [Чинний від 2014-01-06]. — Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014- 48 с.
2. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. — [Чинний від 1999-01-12]. — Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1999- 34 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-33:2013 Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій. — [Чинний від 2014-01-01]. — Вид. офіц. — Київ : Мінрегіон України, 2014. — 46 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-32:2013 Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування. — [Чинний від 2014-01-01]. — Вид. офіц. — Київ : Мінрегіон України, 2014. — 48 с.

РОЛЬ ДЕРЕВИНИ ТА ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ У ЗЕЛЕНОМУ БУДІВНИЦТВІ В КОНТЕКСТІ ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ Й ЕКОНОМІКИ ЗАМКНЕНИХ ЦИКЛІВ

Микола Максимів

Національний лісотехнічний університет України, maksymiv.mi@nltu.lviv.ua

Зелене будівництво набуває в усьому світі дедалі більшої популярності та пріоритетності, привертаючи увагу широкого кола зацікавлених осіб – від науковців до осіб, котрі приймають рішення на різних управлінських рівнях. Це зумовлює необхідність пошуку ефективних рішень у галузі будівництва з метою забезпечення комфортних умов проживання з урахуванням вимог охорони навколишнього середовища і зменшення викидів парникових газів як головного чинника зміни клімату антропогенного походження.

Порівняно з традиційними, зелені будівельні матеріали мають менший вуглецевий слід і можуть заощаджувати енергію під час виробництва і транспортування. Вони мають потенціал для покращення якості повітря в приміщенні, зменшення кількості відходів, збереження природних ресурсів. До таких матеріалів можна віднести деревину як біоресурс[3].

Комісія Європейського Союзу прийняла низку регламентів, що прямо чи опосередковано стосуються зеленого будівництва як засобу досягнення кліматичних та енергетичних цілей ЄС до 2050 року та цілей Європейського Зеленого курсу, що вимагає спрямування інвестицій у сталі проєкти та види діяльності. Регламент Комісії ЄС 2023/2486 від 27.06.2023 р. про делеговані повноваження у сфері охорони навколишнього середовища (зокрема зміни до Регламенту про делеговані повноваження у сфері розкриття інформації) ввів будівельний сектор, зокрема будівництво, реконструкцію, знесення та демонтаж будівель до системи класифікації сталої економічної діяльності

(«таксономії ЄС») в числі дев'яти секторів і видів економічної діяльності. Наголошено, що будівельний сектор потребує заходів з енергоефективності.

Особливої значущості зелене будівництво набуває з огляду на потребу повоєнної відбудови України. Російська агресія завдала величезні збитки, а деякі сектори - будівлі й інфраструктура - постраждали особливо сильно [7]. Потреби у реконструкції та відновленні є найвищими в житловому секторі (майже 84 млрд дол. США, або 16 % від загальних довготермінових потреб). Одним із секторів, які найбільше постраждали від російського вторгнення в Україну, є житловий: 13 % загального житлового фонду було пошкоджено або зруйновано, що вплинуло на понад 2,5 мільйона домогосподарств [5]. Після війни будівельні потужності наростатимуть і потребуватимуть нових, дружніх до довкілля матеріалів у межанизьковуглецевій круговій економіці.

Деревообробна галузь може забезпечити значну частину будматеріалів для відновлення. З огляду на цілі Зеленого курсу і для досягнення Україною цілей декарбонізації будівельного сектору інтерес для фінансування з боку ЄС становитимуть проекти дерев'яного будівництва. Перешкоди на цьому шляху стосуються законодавчих обмежень щодо використання деревини у висотних будівлях. Політика державної підтримки та діалог представників лісової галузі з громадськістю стосовно сприйняття деревини як зеленого ресурсу є запорукою успіху в галузі дерев'яного будинкобудування [2].

На будівельну галузь припадає значна частина світового споживання ресурсів та утворення відходів, тому запровадження принципів економіки замкнених циклів має першочергове значення для досягнення більш сталого майбутнього. За допомогою інноваційних практик, таких як повторне використання, перероблення і сталий дизайн, економіка замкнених циклів може допомогти зменшити кількість відходів, зберегти ресурси та створити більш стійке будівельне середовище [3]. Практики економіки замкнених циклів сприяють тому, щоби будівельний сектор став матеріалоощадним і менш вуглецевим. Це потребуватиме кількісного оцінювання шляхом моделювання процесів пом'якшення наслідків зміни клімату вздовж усього ланцюжка створення вартості продукту чи матеріалу [6].

У процесі будівництва використовують велику кількість різноманітних матеріалів, таких як цемент, сталева арматура, цегла, плоске скло, скловата, пиломатеріали тощо. Всі ці матеріали, окрім пиляної деревини, продукції з первинного біоматеріалу, складаються з різних сумішей і різних пропорцій, що впливає на їхню роль і внесок в економіку замкнених циклів. Будівельна деревина - один із чисельних видів лісопродукції, яку охоче використовують в усьому світі для потреб будівництва. Серед причин популярності деревини як будівельного матеріалу - її біологічне походження, тобто належність до відновних ресурсів, на відміну від будівельних матеріалів з невідновних викопних ресурсів, використання яких не можна вважати сталим.

Деревина та відходи з неї стають дедалі популярнішими в будівництві завдяки їх особливим фізико-хімічним, механічним і іншим властивостям. Пиломатеріали з деревини м'яколистяних порід важливі для будівництва

завдяки їх механічним властивостям, доступності, технологічності, а також прийнятній ціні. На вартість будівельних матеріалів з м'яколистяних порід деревини впливають тип використання, вид дерев, з яких вони виготовлені, обсяги виробництва тощо. Близько 38,1 % деревини, що використовується у світі, йде на потреби будівництва [6]. Біля двох третин - це пиломатеріали, решту складають плити на основі деревини. Якщо деревина м'яколистяних порід знаходить застосування в будівництві, то деревину твердолистяних порід в основному використовують для виробництва енергії.

Розглядаючи деревину як будівельний матеріал, суто круговий підхід розглядають як практику каскадного використання. Каскадне використання може бути добре зрозумілим як частина підходу кругової економіки завдяки її меті й інтегруванню стратегій Р. Початково високоякісний продукт з деревини протягом життєвого циклу послідовно переходить на нижчі стадії виробництва. Вироби з деревини рідко переробляють для ідентичного використання, призначення продукції змінюється з проходженням кожного етапу життєвого циклу. Етап виробництва охоплює процеси виготовлення нових виробів з деревини; відходи виробництва, наприклад, тирсу, також використовують для виготовлення нових виробів (пелет). За цих умов потрібні нові підходи до повторного використання, перепрофілювання, перероблення та відновлення будівельних матеріалів на основі деревини.

Окрім пиломатеріалів, будівельними матеріалами є деревностружкові (ДСП), деревноволокнисті (ДВП) та орієнтовано-стружкові плити (ОСП). Відходи виробництва пиломатеріалів використовують для виготовлення деревних плит, що є реальним прикладом каскадної утилізації. Згідно з концепцією повторного використання дерев'яні дошки та побічні продукти виробництва знаходять застосування у будівельних конструкціях в інший спосіб, наприклад, шляхом перепрофілювання для облицювання фасадів, настилу підлог, інших будівельних робіт [6]. Потенційним невикористаним резервом деревини є відходи виробництва та споживання, так звана вживана деревина, наприклад деревина від знесення й демонтажу будівель (елементи стінових конструкцій та каркаси дахів) [4].

Згідно ЗУ «Про управління відходами» суб'єкти господарювання, що здійснюють будівництво / знесення будівель та інженерних споруд, повинні забезпечити роздільне збирання відходів будівництва та знесення, їх облік і передачу суб'єктам господарювання у сфері управління відходами для оброблення. Відходи будівництва/знесення, що не є небезпечними, готують до повторного використання, рециклінгу, іншого відновлення, зокрема, зворотного заповнення [1]. Особливо це стосується будівельних матеріалів і виробів з деревини, оскільки їх використання як вторинних матеріалів дає змогу запобігти надмірному вирубуванню лісів для потреб будівництва.

Відходи деревини придатні для повторного використання, наприклад, як домішки до виробів з композитних матеріалів. З ДСП виготовляють акустичні панелі, садові меблі, цеглу для внутрішнього використання або ж покриття для дитячих майданчиків, цементно-деревних композитів, таких як деревно-

волокнисто-цементні плити. Окрім перепрофілювання, вироби з деревини можна використовувати вже на етапі перероблення. Теоретичний коефіцієнт вторинного перероблення становить близько 25 % для будівель з дерев'яними несучими конструкціями. Близько 21 % відновленої деревини можна використати для виробництва ДВП та ОСП. Беручи до уваги відходи деревини технічних фракцій, майже 44 % від загальної кількості відновленої деревини можна використовувати для виробництва ДСП, оскільки вимоги до них менш жорсткі в частині токсичності та відсутності забруднення [6].

Визначити придатність деревних відходів як структурно значущих компонентів можна за допомогою неруйнівних методів випробувань. Деякі країни ЄС обмежують пряме використання шляхом класифікації відходів. Відходи деревини, як було згадано вище, використовують для виробництва ДСП і ДВП. Механічні властивості не викликають занепокоєння, оскільки продукт переходить на інший якісний етап, де остаточно подрібнюється та йде для подальшого оброблення. Іноді до 25 % потрібної сировини можна отримати з відходів деревини. Відновлення деревної продукції становить близько 51,6 % світового використання деревини. На практиці це значення відноситься до первинного використання, а не кінцевої утилізації виробів з деревини, більшість із далі підлягає термічному обробленню за аналогією з каскадною утилізацією. Загалом 62,5 % деревини, що використовують в ЄС, термічно утилізують для виробництва енергії [6].

Лісова наглядова рада (*Forest Stewardship Council, FSC*) ініціювала обговорення ролі деревини у зеленій відбудові України з представниками органів влади, державних установ та неурядових організацій [2]. У процесі обговорення було наголошено на потребі розроблення чітких індикаторів для зеленого відновлення будівельної галузі, запровадження принципів *New European Bauhaus (NEB)* задля поглиблення співпраці з європейськими партнерами та залучення довготермінових інвестицій в економіку України. Важливо також створити систему оцінювання життєвого циклу, матеріалів, розвивати модульне будівництво з використанням деревини, стимулювати використання сертифікованих матеріалів. Дерев'яному будинкобудуванню перешкоджають, як було зазначено, усталені стереотипи щодо дерев'яних будинків як недовговічних і пожежонебезпечних.

Для подолання таких стереотипів важлива популяризація підготовки фахівців у сфері спорудження будинків з деревини. У цьому сенсі корисним може стати приєднання до Альянсу *NEB Academy (New European Bauhaus Academy, NEBA)*, створеного в ЄС у 2024 р. Метою Альянсу є розроблення високоякісних навчальних курсів, пов'язаних із забудованим середовищем. Створення в Україні хабу *NEBA* присвячено проєкт «*Rebuilding a Better Ukraine through the New European Bauhaus (NEB) Academy*», Метою проєкту є сприяння сталому функціонуванню хабу *NEBA* в Україні у складі Альянсу Академії *NEB* на основі їхнього досвіду. У цьому руслі підготовано проєкт «*NEBA (New European Bauhaus Academy) HUB in Ukraine*», представлений міжнародною групою аспірантів і студентів за участі автора в Університеті

сталого розвитку Еберсвальде, Німеччина, 2.05.2025 р, Проєкт виконано в рамках навчального курсу *Project Development and Management*.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про управління відходами», 2023 / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, № 17, ст.75.
2. Зелені принципи відновлення України: результат круглого столу FSC Україна, 2024. <https://ua.fsc.org/ua-uk/newsfeed/zeleni-principi-vidnovlennya-ukraini-rezultat-kruglogo-stolu-fsc-ukraina>.
2. De Burca, J. Circular economy in construction reimagining materials and waste management / Constructive voices, 2023. <https://constructive-voices.com/circular-economy-in-construction-reimagining-materials-and-waste-management/>
3. Gayda S., Kiyko O. 2023. Study of Physical and Mechanical Properties of Post-Consumer Wood of Different Age. Drewno. Prace naukowe. Doniesienia. Komunikaty 66 (212): 00010. <https://doi.org/10.53502/wood-177453>.
4. Himmelfarb, A. Ukraine - Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4): February 2022 - December 2024 (English). Washington, D.C. : World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099022025114040022>.
5. Lima, A. T., Kirkelund, G. M., Lu, Z. et all. Mapping circular economy practices for steel, cement, glass, brick, insulation, and wood – A review for climate mitigation modeling, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 202, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114697>.
6. Soman S. Pragmatically Integrating Sustainability Into the Reconstruction of Ukraine, International Institute for Sustainable Development, 2024. <https://www.iisd.org/publications/commentary/integrating-sustainability-into-ukraine-reconstruction>.

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ НА РІВЕНЬ ТРАНСМІСІЙНИХ ТЕПЛОТРАТ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ

Мартинов Вячеслав, Мартинюк Олег, Стаднійчук Денис³, Поляк Юрій
Київський національний університет будівництва і архітектури

У світі, що стикається з кліматичними змінами та енергетичними кризами, енергоефективність будівель стає одним із ключових напрямків сталого розвитку. Україна, яка переживає енергетичні виклики через війну та потребує відбудови інфраструктури, має особливу потребу в «зелених» будівельних проєктах. Моделювання енергоефективності дозволяє оптимізувати витрати, зменшити вплив на довкілля та забезпечити довгострокову економію ресурсів.

Енергетичні виклики які постають в Україні, це велика залежність від імпорту енергоносіїв (газ, вугілля). Зруйнована інфраструктура через війну – необхідність відновлення з урахуванням енергоефективності. Підвищення тарифів на комунальні послуги – спонукає до енергозбереження.

Перед проєктувальниками зелених будівель постає задача швидкого визначення параметрів будівнелъ для формування визначеного рівня енергоспоживання будівель.

Один із способів підвищення рівня енергоефективності, це використання ефективної форми будівлі (рис. 1), що сприятиме зменшенню тепловтрат будівлі через огорожувальні конструкції.



Рис. 1 – Зелені будівлі різної геометричної форми

Проектувальникові зелених будівель потрібен швидкий спосіб визначення рівня скорочення тепловтрат при зміні геометричної форми будівлі.

Мета. Запропонувати спосіб швидкого визначення рівня трансмісійних витрат при зміні геометричної форми зеленої будівлі.

Основна частина. У проведених дослідженнях [1] визначено, що на трансмісійні тепловтрати впливають чинники, що пов'язні з геометричними параметрами будівель. Один із них це геометрична форма будівлі.

Проведено дослідження та визначено компактність різних геометричних форм будівель. Визначено коефіцієнти K_{112} перетворення рівня трансмісійних тепловтрат за умови зміни геометричної форми будівлі рис.2.

Трансмісійні тепловтрати $Q_{\text{тр}}$ після зміни форми визначаються за формулою:

$$Q_{\text{тр}} = Q_{\text{тр існ}} K_{112}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{тр}}$ – трансмісійні тепловтрати будівлі після зміни геометричної форми,
 $Q_{\text{тр існ}}$ – існуючі трансмісійні тепловтрати будівлі до зміни форми,
 K_{112} – коефіцієнт перетворення трансмісійних тепловтрат при зміні геометричної форми при проєктуванні.

$$K_{112} = \Lambda_{\text{нов}} / \Lambda_{\text{наяв}}, \quad (2)$$

де $\Lambda_{\text{нов}}$ – коефіцієнт компактності геометричної форми будівлі після перетворення;

$\Lambda_{\text{наяв}}$ – наявний коефіцієнт компактності геометричної форми будівлі до перетворення.

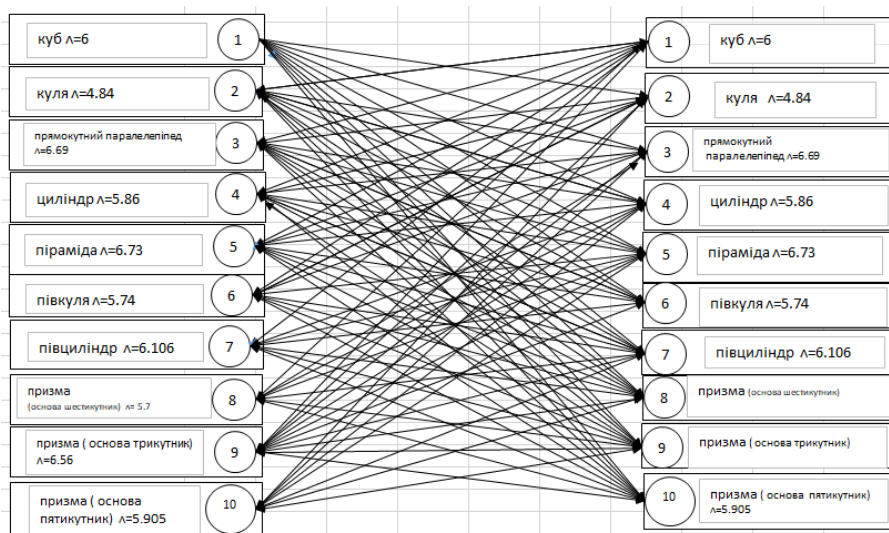


Рис.2. Варіанти перетворення геометричної форми зелених будівель

Коефіцієнти K_{112} перетворення трансмісійних витрат будівель зведено до таблиці на табл. 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти K_{112} перетворення трансмісійних витрат будівель

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		куб $\lambda=6$	куля $\lambda=4.84$	прямокутний паралелепіпед $\lambda=6.69$	циліндр $\lambda=5.86$	піраміда $\lambda=6.73$	півкуля $\lambda=5.74$	півциліндр $\lambda=6.106$	призма (основа шестикутник) $\lambda=5.72$	призма (основа трикутник) $\lambda=6.56$	призма (основа п'ятикутник) $\lambda=5.905$
1	куб $\lambda=6$		1,240	0,886	0,980	0,892	0,957	0,917	0,950	0,915	1,016
2	куля $\lambda=4.84$	0,807		1,120	1,023	1,120	1,045	1,017	1,048	1,093	0,984
3	прямокутний паралелепіпед $\lambda=6.69$	1,240	1,120		1,142	0,994	1,165	1,100	1,170	1,020	1,136
4	циліндр $\lambda=5.86$	0,886	0,893	0,876		1,006	0,858	0,909	0,855	0,980	0,880
5	піраміда $\lambda=6.73$	1,023	1,210	0,880	0,870		1,020	0,960	1,025	0,890	0,990
6	півкуля $\lambda=5.74$	0,980	0,826	1,136	1,149	0,980		1,042	0,976	1,124	1,010
7	півциліндр $\lambda=6.106$	1,120	1,390	1,010	1,148	1,172	1,100		1,180	1,025	1,139
8	призма (основа шестикутник) $\lambda=5.72$	0,892	0,719	0,990	0,871	0,853	0,909	0,847		0,976	0,878
9	призма (основа трикутник) $\lambda=6.56$	1,045	1,190	0,858	0,980	0,850	0,940	1,003	0,875		0,972
10	призма (основа п'ятикутник) $\lambda=5.905$	0,957	0,840	1,166	1,020	1,176	1,064	0,997	1,143	1,029	
		1,017	1,261	0,912	1,041	0,907	1,064	1,067	0,930	1,034	
		0,917	0,793	1,096	0,961	1,103	0,940	0,937	1,075	0,967	
		1,048	1,180	0,855	0,976	0,850	0,997	0,936	0,873	0,968	
		0,950	0,847	1,170	1,025	1,176	1,003	1,068	1,146	1,033	
		1,093	0,738	0,980	1,190	1,031	1,142	1,073	1,146	1,100	
		0,915	1,355	1,020	0,840	0,970	0,876	0,932	0,873	0,909	
		0,984	1,220	0,880	1,010	0,878	1,029	0,967	1,033	0,909	
		1,016	0,820	1,136	0,990	1,139	0,972	1,034	0,968	1,100	

Висновок. Проведено дослідження, запропоновано спосіб швидкого визначення зміни рівня трансмісійних витрат при зміні геометричної форми, та підвищення енергоефективності за рахунок використання раціональної геометричної форми зеленої будівлі. Визначено вагові коефіцієнти K_{112} перетворення для визначення рівня трансмісійних тепловтрат при зміні геометричної форми. Результати дослідження можуть бути використані проєктувальниками, студентами при створенні проєктів енергоефективних зелених будівель.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мартинов В.Л., Мартинюк О.Л., Поляк Ю.Ю., Банний Т.А. Структурізація заходів щодо зменшення енергоспоживання зелених будівель

ВИКОРИСТАННЯ СИЗАЛЕВОГО ВОЛОКНА У ВСТАНОВЛЕННІ ЗЕЛЕНИХ ПОКРІВЕЛЬ

Катерина Матвійчук, Тетяна Ткаченко

Київський національний університет будівництва і архітектури

Живе будівництво (зелені дахи, клумби, горизонтальне озеленення) є новітнім способом покращення комфортних умов співіснування з живою природою, та створенням комфортних умов, аби покращити якість стану довкілля.

Через людський фактор, протягом десятиліть активно відбувалася індустріалізація, що дало значний негативний вплив на стан середовища. Основним небезпечним фактором впливу є вивільнення шкідливих газів, що накопичуються в атмосфері та утворюють парниковий ефект, що тягне за собою негативні наслідки.

Збільшення площ зелених насаджень значно покращує не тільки стан навколишнього середовища, але і загальний стан екосистеми планети.

Важливо робити зелені конструкції повністю безпечними, та з мінімумом шкоди для самих рослин у цих конструкціях, що будуть виконувати функції озеленення місцевості та очищення повітря.

Конструкція зелених покрівель складається з бетонової конструкції будівлі, кореневого бар'єрного шару, дренажного мату, геотекстильного фільтру, ґрунту та рослинності (рис.1). Кожен компонент забезпечує оптимальність росту рослин та їх функціонування.

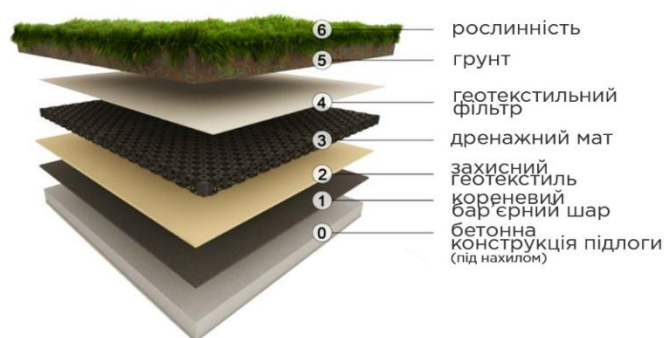


Рис 1. Конструкція зелених покрівель [1]

Призначення зелених конструкцій:

- Теплоізоляція та енергоефективність

- Зниження теплових островів в умовах міста
- Поглинання дощової води
- Оптимізація якості повітря
- Шумоізоляція
- Оптимізація біорізноманіття в умовах міста
- Психологічно комфортна архітектура

Недоліки:

- Додаткова вага на споруди
- Висока вартість матеріалу
- Висока складність ремонту у випадку аварійного стану покрівлі
- Кліматичні обмеження
- Шкідливий вплив на рослинність

Забезпечити зменшення кількості недоліків доступно завдяки зміні технології встановлення зелених конструкцій, що підвищить ефективність та доступність технологій зеленого будівництва в міських умовах. Заміна кореневого бар'єрного шару з синтетичних матеріалів, що використовуються в конструкції, на органічні².

Кореневі бар'єри створенні для запобігання поширення коренів. Регулюють напрямок росту коріння та запобігають руйнуванню конструкцій. Створені з пластмас⁵. З часом виникає ризик потрапляння мікрочасток пластику в коріння, що провокує стресові реакції рослин, негативний вплив на мікроорганізми в ґрунті, зміну рН ґрунту.

Середнє значення ваги на метр квадратний кореневого бар'єру – 2 кілограми.

Сизаль - натуральне грубе волокно, що отримують з листя агави сизальської або хенекена з роду Агава. Склад волокон: целюлоза (55-65 %), лігнін (10-20 %), геміцелюлоза (10-15 %), пектин (2-4 %) [3].

Переваги сизалевого волокна:

- Сизаль є натуральним матеріалом, який біологічно розкладається, що робить його екологічно безпечним вибором.
- Волокно сизалю має високу міцність на розрив, що дозволяє йому витримувати значні навантаження.
- Сизаль вологостійкий, що необхідно для використання в ґрунті.
- Матеріал дозволяє повітрю проникати, що сприяє здоровому росту рослин.
- Сизаль не накопичує статичну електрику, що зменшує ризик накопичення пилу чи інших частинок.

Середнє значення ваги метру квадратного сизалевого волокна – 800 грам.

В порівняльній характеристиці сизалевого волокна має меншу вагу, що забезпечує менше навантаження на покрівлю. Екологічність волокна, та його біорозкладність забезпечать: оптимальні умови росту і розвитку рослин, регулювання напрямку росту коріння, вентиляцію та водовідведення⁴. Цінова

доступність сизалевого волокна набагато дешевша ніж кореневі бар'єри (табл. 1).

Таблиця 1

Цінова порівняльна характеристика [5,6]

Вартість	Матеріал	
	Сизаль	Кореневий бар'єр
Ціна за тону	350\$	5713\$
Ціна за кілограм	0,35\$	5,71\$

Таким чином, сизалеве волокно є економічно вигідним та екологічно безпечним альтернативним кореневим бар'єрам. Його природне походження та низька вартість роблять матеріал доступним для широкого застосування. Сизалеве волокно має високу міцність і довговічність, що дозволяє ефективно використовувати його для захисту ґрунту від ерозії та стримування кореневих систем рослин. Таким чином, сизалеве волокно є конкурентоспроможною альтернативою з точки зору ефективності та вартості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Українська компанія з надання будівельних гідроізоляційних послуг – «Гідекс» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://gidex.com.ua/budivnytstvo-zelenykh-dakhiv/> - Дата перегляду: 10.03.2025
2. Товариство з обмеженою відповідальністю «Подвір'я» [Електронний ресурс] - <https://podvirya.com.ua/materiali-dlya-remontu/geotekstil-shho-tse-take-i-yak-vikoristovuyetsya/> - Дата перегляду: 10.03.2025
3. Вільна енциклопедія Вікіпедія [Електронний ресурс] - <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%8C> - Дата перегляду: 10.03.2025
4. Блог «Золотий студент». Сфери застосування Сизалю [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zlotystudent.com.ua/?s=%D0%A1%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%8C> - Дата перегляду: 10.03.2025
5. Торгово-інжинірингова компанія, що працює у сфері збору, очищення, відведення води, інженерного облаштування та благоустрою території «VODALAND» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.vodaland.com.ua/catalog/beautification/landsaftni-materiali/protikorenevii-barjer/p/armozaxist-rulonnii-06x10-6m2-cornii/> - Дата перегляду: 10.03.2025
6. Alibaba Group [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.alibaba.com/product-detail/Cheap-Sales-of-Quality-Sisal-Fibre_10000019362575.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.368413a0cy9zq1 - Дата перегляду: 10.03.2025

ІННОВАЦІЙНИЙ ГІБРИДНИЙ СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Степан Муса¹, Степан Шаповал

Національний університет «Львівська політехніка»

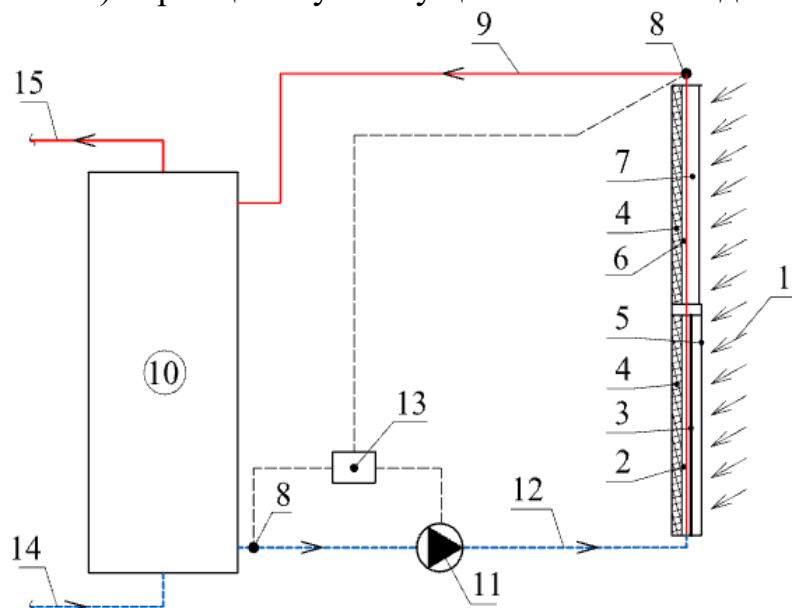
stepan.y.mysak@lpnu.ua, stepan.p.shapoval@lpnu.ua

Згідно з тривожними прогнозами Організації Об'єднаних Націй, погіршення екологічної ситуації на планеті спричинило необхідність розробки комплексного плану дій [1] для впровадження принципів сталого розвитку. У цьому контексті ратифікація Паризької угоди [2] стала одним з ключових кроків. Прогнози показують, що за збереження поточного рівня викидів парникових газів протягом найближчих 20 років температура на Землі може підвищитися на 1,5 °С. Це вимагає термінових заходів зі скорочення глобальних викидів парникових газів [3]. Для досягнення поставлених цілей було проведено аналіз політики енергетичного сектору Європейського Союзу [4], результатом чого стало впровадження Європейського зеленого курсу, орієнтованого на стратегію сталого розвитку [1]. У рамках цієї ініціативи розроблено та введено в дію низку нормативних документів, спрямованих на зменшення викидів парникових газів, таких як [5,6,7]. Важливу роль також відіграє популяризація відновлюваних джерел енергії, що закріплено, наприклад, у Директиві ЄС 2018/2001 "Про заохочення використання енергії з відновлювальних джерел". Крім того, Європейська комісія затвердила план енергозбереження [8]. Задля виконання цих завдань необхідно скорочувати використання традиційних джерел енергії, які працюють на викопному паливі. Це спонукає до активнішого залучення відновлювальних і нетрадиційних джерел, таких як енергія вібрації [9] або сонячна енергія. Для цього необхідно розвивати нові технології [10] та вдосконалювати існуючі системи сонячного забезпечення енергією [11], застосовуючи сучасні технології. Одним із ключових напрямів є розробка [12] і вдосконалення пристроїв, які дозволяють ефективно використовувати сонячну енергію для одночасного виробництва теплової та електричної енергії через застосування гібридних геліоколекторів. Проблемою оптимізації використання сонячної енергії є створення сучасних конструктивних і технологічних рішень, які забезпечать максимально ефективне поглинання сонячного випромінювання та його перетворення на теплову й електричну енергію з мінімальними втратами. Це включає об'єднання фотоелектричних панелей і теплових колекторів в єдину інтегровану систему, оптимізацію процесів теплообміну та підвищення рівня ізоляції завдяки вдосконаленню конструктивних елементів і застосуванню інноваційних матеріалів. Адже гібридні системи мають свої недоліки. Зокрема, майже 90% сонячного випромінювання поглинається поверхнею фотовольтаїчних панелей, і лише 15% поглинутої енергії перетворюється в електричну, а майже 10% – у теплову. У цьому контексті запропоновано об'єднати теплові та електричні компоненти в гібридних системах, додавши

концентратори, які можуть значно підвищити ефективність теплообміну. Реалізація таких рішень сприятиме зниженню залежності від викопного палива, скороченню викидів парникових газів і підтримці сталого розвитку. Для зниження впливу зазначених недоліків та підвищення ефективності роботи фотоелектрично-теплого колектора автори запропонували провести комп'ютерне моделювання системи, оснащеної таким сонячним колектором.

Метою є аналіз функціонування гібридного сонячного колектора в системах теплопостачання, а також виявлення параметрів, які значно впливають на його теплову та електричну ефективність. Це необхідно для досягнення максимальної теплової та електричної ефективності обладнання в заданих умовах експлуатації.

У дослідженні проаналізовано функціонування гібридної системи енергопостачання (ГСЕ), що включає гібридний тепловий фотоелектричний геліоколектор (ГТФГК). Принципову схему цієї системи наведено на рис. 1.



Умовні позначки:

1 – джерело сонячного випромінювання; 2 – теплофотоелектрична частина ГТФГК; 3 – фотоелементи; 4 – теплоізолятор; 5 – захисне світлопрозоре покриття; 6 – тепла частина ГТФГК; 7 – концентратори сонячного випромінювання; 8 – термодатчики; 9, 12 – трубопроводи нагрітого та охолодженого теплоносія; 10 – тепловий акумулятор (ТА); 11 – циркуляційна помпа; 13 – блок управління; 14, 15 – трубопроводи охолодженого та нагрітого теплоносія в системі споживача

Рис. 1. Принципова схема ГСЕ з ГТФГК

Згідно рис. 1, гібридна система енергопостачання з гібридним тепловим фотоелектричним колектором (ГСЕ з ГТФГК) складається з двох основних блоків: гібридного теплового фотоелектричного колектора, який включає фотоелектричну частину 2 і теплову частину 6, та теплового акумулятора (ТА) 10. Ці блоки з'єднані трубопроводами для нагрітої 9 і охолодженої води 12, яка є теплоносієм в даній системі. Циркуляція теплоносія відбувається завдяки

помпі 11, яка забезпечує перенесення поглинутої теплової енергії від джерела сонячного випромінювання 1 до ТА, звідки вода потім подається до кінцевих споживачів. Функціонування циркуляційної контролюється блоком управління 13 на основі інформації, отриманої з термодатчиків 8. Для зменшення теплових втрат і підвищення ефективності роботи ГТФГК у конструкції передбачені теплоізолятор 4 та концентратори сонячного випромінювання 7. Установка генерує електричну енергію за допомогою фотоелементів 3, які отримують сонячне випромінювання через світлопрозоре покриття 5.

Експериментальні дослідження роботи геліосистеми проводились при температурі оточуючого її повітря 15 °С. Площина ГТФГК була орієнтована перпендикулярно до напрямку сонячних променів. Значення параметрів фіксувалися через кожні 5 хвилин. Протягом кожного експерименту масова витрата теплоносія в установці залишалася постійною.

Експерименти ГСЕ з ГТФГК проводились за постійних азимутального кута відхилення нормалі до ГТФГК від місцевого меридіана $\alpha = 50^\circ$ і кута нахилу ГТФГК до горизонту $\beta = 50^\circ$ (рис. 2 – рис. 7), а також за $\alpha = 50^\circ$ та інтенсивності сонячного випромінювання в його площині $I_T = 500 \text{ Вт/м}^2$ (рис. 8 – рис. 13).

Теплова ефективність ГТФГК $\eta_{\text{Т,ГТФГК}}$ в залежності від інтенсивності сонячного випромінювання в його площині I_T , Вт/м^2 , зображена на рис. 2.

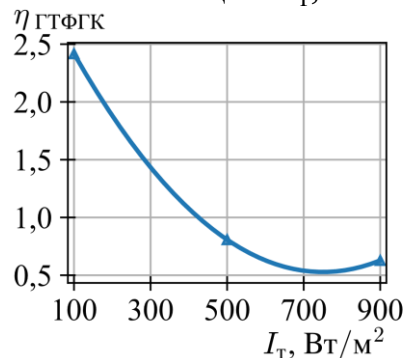


Рис. 2. Залежність теплової ефективності ГТФГК $\eta_{\text{Т,ГТФГК}}$ від інтенсивності сонячного випромінювання в його площині I_T при $\alpha = 50^\circ$, $\beta = 50^\circ$, $G = 0,015 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$

Згідно рис. 2, для питомої масової витрати теплоносія G , що дорівнює $0,015 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$, зі зростанням інтенсивності сонячного випромінювання в площині ГТФГК I_T , його тепла ефективність $\eta_{\text{Т,ГТФГК}}$ нелінійно спадає: втричі з 2,42 при $I_T = 100 \text{ Вт/м}^2$ до 0,81 при $I_T = 500 \text{ Вт/м}^2$ та ще на 22 % – до 0,63 при $I_T = 900 \text{ Вт/м}^2$, загалом зменшившись у 3,8 разів.

На рис. 3 побудована графічна залежність теплової ефективності ГТФГК $\eta_{\text{Т,ГТФГК}}$ від масової витрати теплоносія G , кг/с .

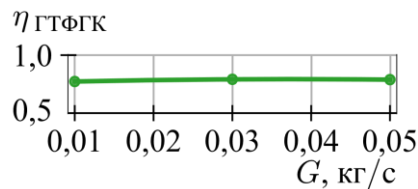


Рис. 3. Залежність теплової ефективності ГТФГК $\eta_{\text{ГТФГК}}$ від масової витрати теплоносія G при $\alpha = 50^\circ$, $\beta = 50^\circ$, $I_T = 500 \text{ Вт/м}^2$

З рис. 3 випливає, що при інтенсивності сонячного випромінювання в площині ГТФГК $I_T = 500 \text{ Вт/м}^2$, його тепла ефективність $\eta_{\text{ГТФГК}}$ майже не залежить від масової витрати теплоносія в системі G та приймає значення від 0,79 до 0,81.

На рис. 4 зображена зміна теплової ефективності ГСЕ з ГТФГК $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$, що залежить від інтенсивності сонячного випромінювання в площині ГТФГК $I_T, \text{Вт/м}^2$.

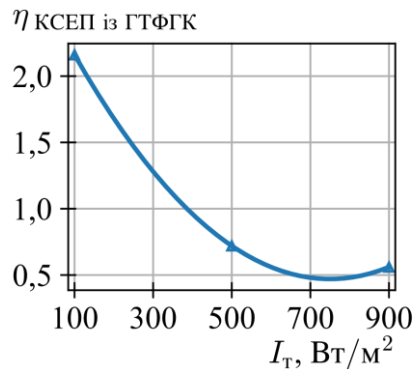


Рис. 4. Залежність теплової ефективності ГСЕ з ГТФГК $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$ від інтенсивності сонячного випромінювання в площині ГТФГК I_T при $\alpha = 50^\circ$, $\beta = 50^\circ$, $G = 0,015 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$

З рис. 4 випливає, що для питомої масової витрати теплоносія G , що дорівнює $0,015 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$, зі зростанням інтенсивності сонячного випромінювання в площині ГТФГК I_T , тепла ефективність ГСЕ з ГТФГК $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$ нелінійно спадає: втричі з 2,12 при $I_T = 100 \text{ Вт/м}^2$ до 0,71 при $I_T = 500 \text{ Вт/м}^2$ та ще на 22 % – до 0,55 при $I_T = 900 \text{ Вт/м}^2$, загалом зменшившись у 3,8 раза.

Графічна залежність теплової ефективності ГСЕ з ГТФГК $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$ від масової витрати теплоносія $G, \text{кг/с}$, зображена на рис. 5.

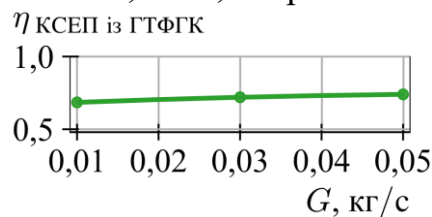


Рис. 5. Залежність теплової ефективності ГСЕ з ГТФГК $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$ від масової витрати теплоносія G при $\alpha = 50^\circ$, $\beta = 50^\circ$, $I_T = 500 \text{ Вт/м}^2$

Згідно рис. 5, при інтенсивності сонячного випромінювання в площині ГТФГК $I_T = 500 \text{ Вт/м}^2$, теплова ефективність ГСЕ з ГТФГК $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$ незначно зростає від 0,67 при $G = 0,005 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$ до 0,71 при $G = 0,015 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$ і до 0,73 при $G = 0,025 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$, в загальному збільшившись на 9 %.

Отже, для азимутального кута відхилення нормалі до ГТФГК від місцевого меридіана α та кута нахилу ГТФГК до горизонту β рівних 50° при інтенсивності сонячного випромінювання в його площині $I_T = 500 \text{ Вт/м}^2$ зміна масової витрати теплоносія G від 0,01 кг/с до 0,05 кг/с мало впливає на теплотехнічні та електричні характеристики ГТФГК, а при $G = 0,03 \text{ кг/с}$ збільшення I_T від 100 Вт/м^2 до 500 Вт/м^2 зменшує $\eta_{T, \text{ГТФГК}}$ і $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$ втричі, з 2,42 до 0,81 та з 2,12 до 0,71 відповідно. Збільшення I_T від 500 Вт/м^2 до 900 Вт/м^2 зменшує $\eta_{T, \text{ГТФГК}}$ і $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$ ще на 22 %, до 0,63 та 0,55 відповідно. Електрична ефективність ГТФГК $\eta_{\text{ФЕ}}$, навпаки, зростає на 8,6 % при зміні I_T від 100 Вт/м^2 до 900 Вт/м^2 .

Для $\alpha = 50^\circ$ та $I_T = 500 \text{ Вт/м}^2$ при $\beta = 50^\circ$ теплова $\eta_{T, \text{ГТФГК}}$ та електрична ефективність ГТФГК $\eta_{\text{ФЕ}}$ майже не залежать від зміни масової витрати теплоносія G з 0,01 кг/с до 0,05 кг/с, а $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$ збільшується на 9 %, з 0,67 до 0,73. Для $G = 0,03 \text{ кг/с}$ при збільшенні β з 10° до 50° теплові ефективності $\eta_{T, \text{ГТФГК}}$ і $\eta_{\text{ГСЕ з ГТФГК}}$ зменшуються на 15 %, з 0,95 до 0,81 та з 0,83 до 0,71, а при збільшенні β до 90° майже не змінюються. Зміна кута нахилу ГТФГК до горизонту β з 10° до 90° майже не впливає на зміну електричної ефективності фотоелементів ГТФГК $\eta_{\text{ФЕ}}$, зменшуючи її лише на 1 %.

Література

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1. United Nations. — <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
2. Paris Agreement. United Nations, 2015. — https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf
3. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Technical Summary. IPCC, 2022. — https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_TechnicalSummary.pdf
4. Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European economic and social committee, the committee of the regions and the European Investment Bank a framework strategy for a resilient energy union with a forward-looking climate change policy /* com/2015/080 final */. — <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2015:80:FIN>

5. The 2030 climate and energy framework. – <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework/>
6. Establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). 30 June 2021. – <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>
7. Fit for 55. – <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition>
8. REPowerEU: affordable, secure and sustainable energy for Europe. European Commission. – https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en
9. V. Gurskyi, V. Korendiy, P. Krot, R. Zimroz, O. Kachur, and N. Maherus, "On the Dynamics of an Enhanced Coaxial Inertial Exciter for Vibratory Machines," Machines, vol. 11, no. 1, p. 97, Jan. 2023, doi: 10.3390/machines11010097.
10. Venhryn, I., Shapoval, S., Voznyak, O., Datsko, O., Gulai, B. (2021) Modelling of optical characteristics of the Thermal Photovoltaic Hybrid Solar Collector. International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 1, 255-258.
11. Theoretical and experimental analysis of solar enclosure as part of energy-efficient house. Shapoval, S., Zhelykh, V., Venhryn, I., Kozak, K., Krygul, R. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019, 2(8-98), pp. 38–45
12. Diwania S., Agrawal S., Siddiqui A. S., Singh S. (2020). Photovoltaic–thermal (PV/T) technology: a comprehensive review on applications and its advancement. International Journal of Energy and Environmental Engineering, 11, 33–54.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИДАЛЕННЯ НАФТОВИХ ВУГЛЕВОДНІВ У ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ШАРАХ ДОЩОВИХ САДІВ

*Кравченко Марина Василівна, Ткаченко Тетяна Миколаївна,
Мілейковський Віктор Олександрович*

Київський національний університет будівництва і архітектури

kravchenko.mv@knuba.edu.ua, tkachenko.tm@knuba.edu.ua,

mileikovskiy.vo@knuba.edu.ua

Збільшення населення у містах, розширення міських територій та збільшення щільності забудови ґрунту відіграють ключову роль у погіршенні водних ресурсів, що впливає як на їхню кількість, так і на якість в урбанізованих водних басейнах [1].

Дослідження якості міських зливових стоків розпочалося ще у середині 20-го століття і автори [2] були одними з перших, хто звернув увагу на цю проблему. Пізніші дослідження стосувалися таких традиційних

забруднювачів, як загальна кількість зважених твердих речовин, хімічна або біохімічна потреба в кисні, метали, патогенні мікроорганізми, а також поживні речовини. Сучасні наукові роботи часто підтверджують попередні результати щодо основних забруднювачів міських зливових вод та наводять дані про нові речовини, як пестициди, мікропластик, а також органічні забруднювачі (ОЗ), такі як поліциклічні ароматичні вуглеводні, фталати, алкілфеноли, нафтові вуглеводні (НВ), які повсюдно поширені в міських зливових стоках [3]. Найпоширенішими представниками органічних забруднювачів є дизельне паливо (DF) та відпрацьована двигунна олива (UEO), як основне джерело енергії в усьому світі.

Через шкідливий вплив ОЗ на водні екосистеми та людину, включаючи поєднання генотоксичності, біоаккумуляції та стійкості до деградації, очищення зливових вод набуває все більшого значення у сфері управління міськими зливовими стоками [4]. Вирішення цієї проблеми потребує сучасних досліджень та розробок, присвяченим інноваційним та ефективним технологіям управління якістю зливових вод, які можуть запобігти подальшому транспортуванню та поширенню ОЗ в навколишнє середовище, де вони біоакнуються в харчових ланцюгах.

Протягом останніх десятиліть набули популярності парадигми управління міськими зливовими водами, орієнтовані на контроль зливових вод безпосередньо поблизу джерела, а не на швидкий дренаж. Однією з практик, яка часто використовується в цих випадках, є конструкції дощових садів, які впроваджуються в житлових районах для локального управління зливовими стоками та сприяють уповільненню швидкості пікового стоку, зменшенню його об'єму, поповнення ґрунтових вод шляхом інфільтрації та видалення забруднюючих речовин з води до того, як вона потрапить у місцеві потоки [5].

Для дослідження ефективності конструкцій дощових садів у видаленні нафтових вуглеводнів зі зливових стоків було проведено лабораторний експеримент, який тривав протягом шести місяців (22 тижні) в лабораторії контролю параметрів довкілля кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці Київського національного університету будівництва і архітектури (Україна).

Для експериментальних досліджень використовувались циліндричні колони (рис. 1), виготовлені з використанням полівінілхлоридних матеріалів, діаметром 100 мм, заввишки 900 мм і товщиною стінки 2 мм з метою створення економічної та компактної установки з розмірами, що мінімізували пристінний (крайовий) ефект та дисперсію в колонах. У вертикальному перерізі фільтраційних колон фільтрувальні матеріали були розміщені у такій послідовності (зверху вниз): 330 мм ґрунтового шару, 330 мм піску та 200 мм гравію. У верхню частину ґрунтового шару висаджували рослини з добре розвинутою мичкуватою кореневою системою, зокрема представника поширеного в Україні виду *Physocarpus opulifolius* 'Diabolo'.

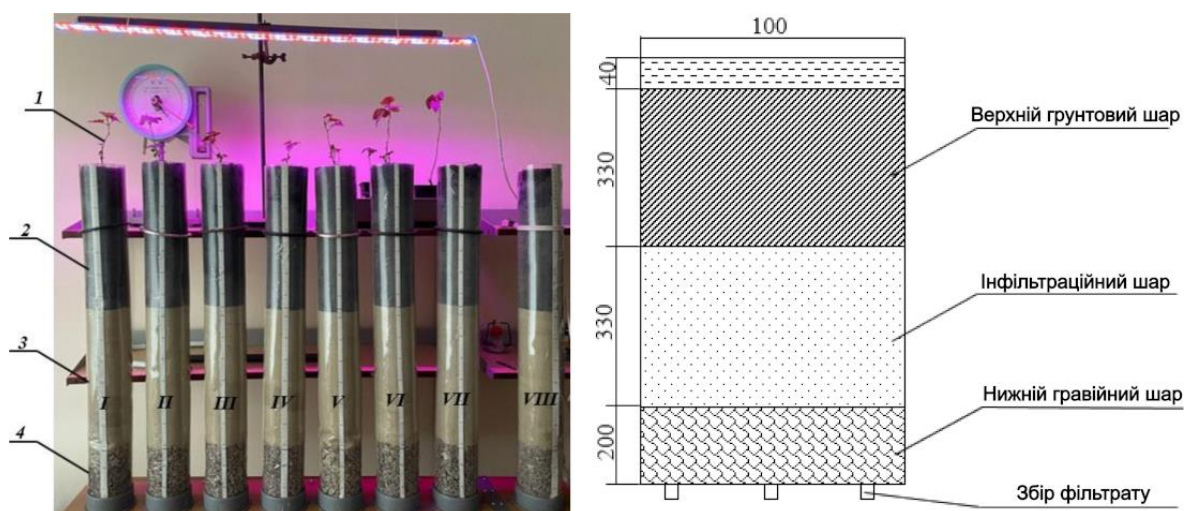


Рис. 1. Експериментальні колони та їх принципова схема:
1 – *Physocarpus opulifolius* 'Diabolo'; 2 – шар ґрунту; 3 – шар піску; 4 - шар гравію

Методика експерименту полягала у моделюванні процесу фільтрування нафтових вуглеводнів через лабораторні колони з висадженими рослинами *Physocarpus opulifolius* 'Diabolo' (колони I–VI) та без них (VII–VIII). Полив здійснювали кожні три дні протягом 22 тижнів, додаючи забруднювальні речовини (DF або UEO) з наступним внесенням водопровідної води. Ефективність фільтрування та стан рослин оцінювали за результатами візуальних спостережень, морфометричних вимірювань та аналізу зразків фільтрату методом ОФ-ВЕРХ, проведеного в Інституті хімії високомолекулярних сполук НАН України.

Результати ОФ-ВЕРХ засвідчили повну відсутність характерних компонентів UEO та DF у фільтратах усіх експериментальних колон. Проте, у кожному зразку спостерігався інтенсивний хроматографічний пік із часом утримання 4,22 хв. УФ-видимий спектр цього піка не збігається з жодним із компонентів модельних НВ, що свідчить про наявність сторонньої сполуки.

Імовірно, даний пік відповідає метаболіту, що виділяється кореневою системою рослин виду *Physocarpus opulifolius* 'Diabolo' у ґрунтове середовище, що потребує подальших досліджень для вивчення біологічних механізмів ремедіації. Слід також враховувати, що при довжинах хвиль 240 та 290 нм спостерігається можливий вплив НВ на інші УФ-активні сполуки, зокрема фульвові та гумінові кислоти, наявні в органічній фракції ґрунту. З огляду на те, що використаний супіщаний родючий ґрунт мав високий вміст органічної речовини, гумінові компоненти могли бути одночасно вилучені у фільтрат і виявлені у відповідних зонах хроматограми.

Аналізуючи спектральні характеристики, час утримання та площі піків, можна припустити, що виявлена речовина є гідрофільною сполукою з низькою молекулярною масою, яка містить карбонільну або карбоксильну функціональну групу, кон'юговану з подвійним зв'язком.

Таким чином, на підставі результатів хроматографічного аналізу фільтратів після 62 циклів експозиції протягом 154 днів (22 тижнів) встановлено, що жоден із зразків не містив залишків DF або UEO. Це свідчить про повне видалення модельних НВ у межах обраних параметрів експерименту, зокрема характеристик фільтраційного середовища, дозування забруднювачів і зливної води, а отже, ефективність вилучення становила 100%.

Крім того, у межах експерименту було проаналізовано ґрунтові середовища, в яких відбувалося накопичення і трансформація НВ. Як видно з результатів дослідження, утримування до 95% модельних забруднювачів здійснюється в поверхневому шарі ґрунтового середовища для висадження рослин переважно за рахунок сорбційних процесів.

Протягом експерименту виявлено, що компоненти DF та UEO, внесені до фільтраційного шару, зазнали біохімічного перетворення, що підтверджується змінами в УФ-видимих спектрах. Зокрема, окислювальні процеси, ймовірно, спричинили утворення кисневмісних функціональних груп – гідроксильних, карбонільних, епоксидних, карбоксильних, а також скорочення вуглецевого скелета молекул. Водночас спостерігалось збільшення часу утримання новоутворених речовин у хроматографічній колонці порівняно з вихідними компонентами, що свідчить про зменшення полярності та збільшення молекулярної маси.

Загалом зростання розмірів молекул вуглеводнів призводить до підвищення їхньої гідрофобності, електрохімічної стабільності, сорбційної здатності та стійкості у ґрунтовому середовищі.

Протягом експериментального дослідження було виявлено зміну гідравлічної провідності k (мм/год) з часом, особливо для експериментальних колон, які піддавалися поливанню UEO (табл. 1). Це вказує на засмічення експериментальних дощових садів, яке проявлялося у затримці просочування води всередині колон.

Значення гідравлічної провідності для всіх експериментальних колон на початку експерименту становило 185 мм/год. Через 10 тижнів досліджень (20 циклів поливання) значення k зменшилось на 26 та 12% для колон I, II та V, VI з рослинністю (полив UEO та DF). Для колон без рослинності VII та VIII зниження k становило 33 та 15%, відповідно. Як видно з отриманих результатів, наведених в таблиці 1, гідравлічна провідність знижується з плином часу для всіх конфігурацій експериментальних колон (з рослинністю та без рослинності).

На момент завершення експерименту (22 тижні та 62 цикли поливання) значення k суттєво зменшилось для колон I, II та VII, в які вливали UEO, на відміну від колон V, VI та VIII, які поливали DF. Причому відсотки зниження k залежно від наявності рослин суттєво не відрізняються, оскільки на даному етапі вже спостерігалось пригнічення розвитку зовнішньої частини рослини та її кореневої системи.

Таблиця 1

**Середнє значення гідравлічної провідності k (мм/год)
експериментальних колон через 10 та 22 тижні їх експлуатації при різних
умовах**

Номер експериментальних колон (наявність рослинності/тип модельних нафтових вуглеводнів)	Значення k через 10 тижнів, мм/год	Відсоток зниження k через 10 тижнів, %	Значення k через 22 тижні, мм/год	Відсоток зниження k через 22 тижні, %
I та II (з рослинністю/відпрацьована двигунна олива)	137	26	47	75
III та IV (з рослинністю/без поливання нафтовими вуглеводнями)	180	2,7	157	15,1
V та VI (з рослинністю/дизельне паливо)	163	12	112	40
VII (без рослинності/відпрацьована двигунна олива)	124	33	42	78
VIII (без рослинності/дизельне паливо)	158	15	98	47

Отримані результати можна пояснити здатністю УЕО, на відміну від DF, змінювати гідрофільні властивості повітряно-дисперсного ґрунтового середовища на гідрофобні. УЕО містить алкілсульфонати, які можуть змінювати міжфазні властивості ґрунту. Коли вода проникає в ґрунтові пори, заповнені оливою, вона не змочує мінеральні частинки і не витісняє оливу, як це передбачено фізичними законами. Таким чином, просочування води через УЕО, яка адсорбувалася на гідрофобних мінеральних поверхнях, відбувається повільніше, що призводить до зниження гідравлічної продуктивності системи в цілому.

Для збереження гідравлічної провідності конструкцій дощових садів, що працюють в умовах підвищених концентрацій НВ, рекомендовано періодично видаляти та замінювати верхній шар ґрунтового середовища (5–10 см), де переважно накопичуються забруднювачі. Зниження швидкості інфільтрації та тривале насичення водою після опадів (>48 годин) є ознаками насичення середовища та потреби у технічному втручанні. Така регенерація шару дозволяє відновити інфільтраційну здатність дощового саду, знизити обсяг переливу та подовжити термін ефективної експлуатації системи.

Для підтримання структури середовища та запобігання його ущільненню рекомендується використовувати рослини з добре розвинутою кореневою системою, що утворюють макропори, сприяють аерації й активують біодеструкцію вуглеводнів. Водночас, доцільно проєктувати дощовий сад з окремими зонами обслуговування – з рослинністю та без, що спрощує технічний догляд. Оптимізація складу фільтраційного середовища

шляхом додавання адсорбентів (біовугілля, активованого вугілля, золи) також сприяє підвищенню довготривалої гідравлічної стабільності конструкції.

ЛІТЕРАТУРА

1. McGrane S.J. Impacts of Urbanisation on Hydrological and Water Quality Dynamics, and Urban Water Management: A Review. Hydrol. Sci. J, 2016. Vol. 61. P. 2295–2311, doi:10.1080/02626667.2015.1128084.
2. Weibel S.R., Anderson R.J., Woodward R.L. Urban Land Runoff as a Factor in Stream Pollution. Journal (Water Pollution Control Federation), 1964. Vol. 36. P. 914–924.
3. Markiewicz A., Björklund K., Eriksson E., Kalmykova Y., Strömvall A., Siopi A. Emissions of Organic Pollutants from Traffic and Roads: Priority Pollutants Selection and Substance Flow Analysis. Sci. Total Environ., 2017. Vol. 580. P. 1162–1174, doi:10.1016/j.scitotenv.2016.12.074.
4. Haile T., Fuerhacker M. Simultaneous Adsorption of Heavy Metals from Roadway Stormwater Runoff Using Different Filter Media in Column Studies. Water, 2018. Vol. 10. P. 1160, doi:10.3390/w10091160.
5. Kravchenko M., Trach Y., Trach R., Tkachenko T., Mileikovskiy V. Improving the Efficiency and Environmental Friendliness of Urban Stormwater Management by Enhancing the Water Filtration Model in Rain Gardens. Water, 2024. Vol. 16. P. 1316, doi:10.3390/w16101316.

ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО В АРХІТЕКТУРІ ТА МІСТОБУДУВАННІ

Морик Денис, Ткаченко Тетяна, Лістрова Тетяна

Київський національний університет будівництва і архітектури, moryk_dh-2023@knuba.edu.ua

У сучасних умовах сталого розвитку набуває все більшого значення концепція "зеленого будівництва" як відповідь на глобальні екологічні виклики [1, 2]. Зелене будівництво передбачає зведення будівель і створення міського середовища з мінімальним впливом на довкілля, ефективним використанням ресурсів, збереженням енергії та створенням комфортних умов для життя людини.

Основними принципами зеленого будівництва є енергоефективність, використання екологічно чистих і поновлюваних матеріалів, раціональне водоспоживання, зменшення викидів шкідливих речовин, а також інтеграція будівель у природне середовище [2]. Архітектурні рішення при цьому мають враховувати кліматичні умови, орієнтацію будівлі, доступ до природного освітлення і вентиляції. (рис.1)

Енергоефективні будівлі відіграють ключову роль у зменшенні викидів парникових газів, що сприяє досягненню цілей сталого розвитку. Сучасні зелені технології, як-от сонячні батареї, теплові насоси, системи рекуперації повітря та автоматизоване управління освітленням, дозволяють суттєво

зменшити споживання електроенергії в житловому і громадському будівництві.

Окрім цього, інтеграція пасивних архітектурних рішень, таких як правильна орієнтація будівель, ефективна теплоізоляція та використання природного освітлення, значно підвищує комфорт перебування в приміщеннях і водночас мінімізує потребу в штучному опаленні та охолодженні.



Рис 1. Енергоефективний еко будинок [2]

У багатьох країнах ЄС вже діють обов'язкові стандарти щодо енергоефективності новобудов (наприклад, NZEB – майже нульове енергоспоживання), що підкреслює важливість впровадження таких рішень і в Україні, з урахуванням національних кліматичних цілей.

В містобудівному аспекті важливим є створення екологічно збалансованої інфраструктури: розвиток зелених зон, застосування принципів компактного міста, розвиток громадського транспорту та безпечної пішохідної інфраструктури [1, 3]. Використання концепції "розумного міста" (smart city) дозволяє підвищити ефективність управління ресурсами та покращити якість життя населення [4]. (Рис. 2)



Рис 2. Схема розумного міста [4]

Успішними прикладами зеленого будівництва є сертифіковані за стандартами BREEAM, LEED, DGNB об'єкти в Європі, Північній Америці та інших регіонах [4]. В Україні ця практика лише набирає обертів, проте вже існують приклади впровадження екологічних технологій у новобудовах, офісних центрах і житлових комплексах [2, 3].

Сертифікація за системою BREEAM сьогодні залишається одним із найпоширеніших стандартів у Європі. Її застосування дозволяє комплексно оцінювати екологічність об'єкта на різних етапах життєвого циклу. Особливу актуальність стандарт набуває в умовах реконструкції будівель у старих міських районах, де важливо забезпечити екологічну інтеграцію нових рішень.

Стандарт LEED активно використовується в США, Канаді та інших країнах, що свідчить про його глобальну релевантність. Особливої актуальності він набуває при проектуванні інноваційних офісних просторів та навчальних закладів з високими вимогами до якості повітря, енергоспоживання і комфорту середовища.

Німецький стандарт DGNB відзначається балансом між екологічністю, економічною доцільністю та соціальним впливом. Його актуальність проявляється у проєктах, де важливо оцінювати не лише енергоефективність, а й економіку експлуатації будівлі у довгостроковій перспективі.

Нижче наведено порівняльну таблицю трьох провідних екологічних стандартів:

Критерій	<i>BREEAM</i>	<i>LEED</i>	<i>DGNB</i>
Походження	Велика Британія	США	Німеччина
Поширення	Європа	Світовий рівень	ЄС
Метод оцінювання	Бальна система з 9 категорій	Бальна система з 110 балів	Комплексна оцінка у 3 сферах
Охоплення	Дизайн, будівництво, експлуатація	Будівництво та експлуатація	Життєвий цикл, вартість, середовище
Переваги	Гнучкість, адаптивність до європейських норм	Глобальна впізнаваність	Глибока аналітика та економічна ефективність

Впровадження зеленого будівництва є не лише архітектурною та технічною задачею, а й культурною трансформацією. Вона вимагає зміни підходів до проектування, будівництва, експлуатації та утилізації будівель. Особливої уваги потребує освіта фахівців у галузі екологічного проектування та популяризація екологічного способу життя [3].

Таким чином, зелене будівництво є невід'ємною складовою екологічного майбутнього урбанізованих територій і має стати пріоритетом у формуванні архітектурної політики України [1, 2, 3].

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 21931-1:2019. Стійке будівництво. Основи для методів оцінки екологічної якості будівель.

2. Письменний В.В. Зелене будівництво: нові виклики і перспективи / В.В. Письменний // Будівельне виробництво. – 2020. – № 7. – С. 22–25.

3. Олійник Я.Б. Енергоефективність в архітектурі: навч. посіб. / Я.Б. Олійник. – К.: Ліра-К, 2018. – 208 с.

4. US Green Building Council. LEED v4 for Building Design and Construction. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.usgbc.org/leed/v4>

ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ

Москвітінна Анна¹, Бондаренко Вікторія

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
moskvitina.as@knuba.edu.ua, bondarenko_vo-2022@knuba.edu.ua*

Енергетика будь-якої держави є вирішальним фактором прогресу її економіки, а також є рівнем добробуту громадян за тих чи інших обставин, чи імпульсом, чи гальмом його розвитку.

Річне споживання енергії у світі становить близько 14 млрд. т у. Це переважно ресурси органічного походження - вугілля, нафта, природний газ - 82%, атомна енергетика - 7%, енергія ГЕС - 3%, дрова 7% і енергія відновлюваних джерел - 1%. Але рівень економічного розвитку будь-якої країни нині визначається не кількістю видобутих чи спожитих паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), а ефективністю їх використання – енергоємністю ВВП, питомими витратами ПЕР на одиницю виготовленої продукції. Ці показники значно менші в тих країнах, де створені дієві економічні та правові механізми стимулювання енергозбереження, на основі яких виник ринок енергозберігаючих технологій та оснащення, попиту та надання послуг з енергозбереження [1].

Новий критерій оцінки економічного розвитку країн, який з'явився в останні десятиліття, це частка енергії, виробленої з нетрадиційних та відновлюваних джерел. В економічно високорозвинених країнах вона досягає від 0,7% (Велика Британія) до 64,5% (Ісландія) і має чіткі тенденції до збільшення у майбутньому.

Україна належить до енергодефіцитних країн, оскільки не покриває своїх потреб у енергоспоживанні. Така структура ПЕР економічно недоцільна, породжує залежність економіки України від країн-експортерів нафти і газу і є загрозливою для її енергетичної та національної безпеки.

Проте проведені фахівцями розрахунки свідчать, що власні запаси традиційних паливно-енергетичних ресурсів України – за реальних темпів експлуатації родовищ (за винятком вугілля), будуть вичерпані через 40-60 років. З огляду на це реалізація політики щодо енергозбереження є питанням енергетичної безпеки держави, забезпеченням майбутньої національної економіки. За даними Інституту загальної енергетики НАН України, потенціал

енергозбереження України оцінюється на рівні 42-48%. Основна економія ПЕР може бути досягнута за розрахунками експертів у промисловості – 38%, у комунально-промисловій сфері майже 30% та безпосередньо у паливно-енергетичному секторі 17%. Важливо зазначити, що витрати на видобуток, або на купівлю органічного палива в 2-2,5 рази вищі, ніж витрати на забезпечення забезпечення економії 1 т. умовного палива за рахунок енергозбереження [2].

Аналізуючи структуру промислового виробництва, власну ресурсну базу та прогнозовані обсяги споживання ПЕР можна дійти висновку, що майбутнє економіки України, та держави в цілому, насамперед залежить від здатності створити дієву систему заохочення підвищення ефективності використання та зменшення споживання ПЕР, впровадження вигідних умов кредитування проведення енергозберігаючих заходів та збільшення торфу, різних видів газу, енергії відновлюваних джерел.

Застосування когенерації в комунальному господарстві та промисловості, на компресорних станціях, удосконалення систем теплопостачання, впровадження енергозберігаючих приладів освітлення та інші заходи дозволять підвищити ефективність використання традиційного палива на 30-35 % [3].

Розробка аналізу роботи паливного обладнання підприємств та доцільність переорієнтації окремих електростанцій, металургійних, машинобудівних підприємств, а також виробників будівельних матеріалів на використання замість природного газу інших енергоносіїв, вивчення реальних можливостей та економічних та екологічних наслідків цього переходу. На базі аналізу розробити державну програму "Переорієнтації окремих електростанцій, металургійних, машинобудівних підприємств, а також виробників будівельних матеріалів використання замість природного газу інших енергоносіїв".

Збереження енергії класифікується як нове джерело енергії, дешевше, ніж багато інших традиційних і нетрадиційних джерел. Виділяються три напрями: утилізаційні заходи (використання «енергетичних відходів» – вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР)), енергетична модернізація (зниження кількості відходів без зміни принципових основ технологій і технік) і інтенсивне збереження енергії та енергоефективність (проведення заходів, що реалізують гранично високий ефект збереження енергії, досягається на базі зміни принципових основ технологій). В Україні актуальним є використання ВЕР, тому що собівартість і капітальні витрати на виробництво теплової енергії з теплових відходів виявляється у 3-4 рази менше, ніж на ТЕЦ або в котельні.

Обсяги загального річного виходу ВЕР в Україні оцінюються за станом на 2018 р. величиною, що дорівнює 26,18 млн. При цьому в сумарному виході ВЕР горючі ВЕР становлять 38,5%, теплові ВЕР - 58,0 % та ВЕР надлишкового тиску – приблизно 3,5% [4].

Якщо оцінити стан та перспективи використання ВЕР в Україні, то рівні використання ВЕР різних типів суттєво відрізняються. Вторинні енергетичні

ресурси надлишкового тиску використовуються в Україні дуже обмежено. Факторами цього є: відсутність теплоутилізаційного обладнання, його короткий термін експлуатації і низький рівень обслуговування; відсутність споживачів теплоти поруч з джерелом утворення ВЕР, що унеможливило встановлення теплоутилізаційного обладнання; обмеженість місць встановлення обладнання; невідповідність режимів відтворення та споживання теплових ВЕР; відсутність оптимальних схем використання ВЕР у рамках єдиної енерготехнологічної системи підприємств або промислових вузлів; недостатня кількість розробок на випадок екстрених ситуацій.

Ступінь використання горючих ВЕР є дуже високою і сягає 86,9%. Для теплових ВЕР цей показник помітно нижче. Він становить у разі високопотенційних ВЕР – 71,7 %. Утилізація ж низькопотенційних ВЕР донедавна вважалася економічно неефективною, хоча обсяг виходу цих ВЕР досягає половини загального виходу всіх ВЕР. В даний період розвиток утилізації низькопотенційних ВЕР вимагає особливої уваги. Згідно з прогнозами: показники обсягів виходу горючих ВЕР зростуть 43% до 2030 року, а високопотенційних теплових ВЕР – 45 % [5].

На даний час основні напрямки робіт щодо використання ВЕР пов'язані з утилізацією горючих (мова йде про розробку наукових основ ефективних технологій спалювання деревної маси, первинних та вторинних відходів сільського господарства, твердих побутових відходів та створення відповідного обладнання) та теплових ВЕР. Для високопотенційних теплових ВЕР дослідження пов'язані з утилізацією теплових відходів промислових печей різного призначення, а також газотурбінних і газопоршневих двигунів. Для низькопотенційних теплових ВЕР дослідження проводяться в напрямку використання теплових викидів котельних агрегатів, промислових печей, а також теплоти різних вентиляційних викидів, побутових та промислових стоків, шахтних вод [6].

Дослідження стану та перспектив використання вторинних енергетичних ресурсів, є одним із важливих напрямів аналізу можливих обсягів економії палива та енергії в країні, а також забезпечення екологічних норм навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Key World Energy Statistics 2021. OECD, 2021. URL: <https://doi.org/10.1787/2ef8cebc-en>.
2. PECULIARITYS OF THE USE OF FLUE GAS RECIRCULATION FOR BOILERS OF SMALL AND MEDIUM CAPACITY / N. Fialko et al. *International scientific journal "Internauka"*. 2022. No. 7(126).
3. СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ. *Municipal economy of cities*. 2023. URL: <https://doi.org/10.33042/978-966-695-594-7>.
4. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ТЕПЛОВИХ РЕСУРСІВ ТА ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В УКРАЇНІ. 2020. URL:

https://rea.org.ua/wp-content/uploads/2022/12/analysis_of_waste_heat_and_geothermal_heat_potentials_for_district_heating_in_ukraine_ua_2022.pdf

5. IMPROVING THE EFFICIENCY OF COMPLEX HEAT RECOVERY SYSTEMS OF BOILER PLANTS / N. M. Fialko et al. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2022. Vol. 44, no. 2. P. 84–91. URL: <https://doi.org/10.31472/tpe.2.2022.10> (date of access: 04.05.2025)..

6. Чепурний М. М., Ткаченко С. Й. Энергозбережні технології в теплоенергетиці. Вінниця: ВНТУ, 2009. 114 с.

АКУМУЛЮВАННЯ ТЕПЛОТИ ВІД КОГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК

Москвітінна Анна¹, Мельниченко В'ячеслав¹

¹ *Київський національний університет будівництва і архітектури,
moskvitina.as@knuba.edu.ua, melnychenko_vm-2022@knuba.edu.ua*

Переваги від використання систем когенерації для енергопостачання об'єктів багатогранні: з точки зору економічності (в т.ч. за рахунок зниження витрат на передачу енергії, тому що енергогенеруюче обладнання встановлено в безпосередній близькості від споживача), надійності (від зниження вразливості інфраструктури енергетики при непередбачених збоях) та утилізації теплоти (від розширення спектру ступенів використання первинних і вторинних енергоресурсів).

Видається вигідним з погляду енергозбереження з'єднання когенераційної та абсорбційної охолоджувальних установок для комбінованого виробництва електроенергії, теплоти та холоду (тригенерація). З використанням когенерації особливо можливий частковий чи повний перехід підприємства чи житлового фонду із централізованого теплопостачання на місцеві когенеруючі системи.

Також доцільним є варіант перетворення видів енергії (тепловий в електричну та навпаки) з використанням додаткових акумулюючих пристроїв (для згладжування нерівномірності використання теплової та електричної енергії протягом доби), при яких раціонально вирішується проблема передачі надлишків електроенергії в електромережу в періоди зупинки виробництва теплової енергії та забезпечується розподіл.

Ефективна та надійна робота енергогенеруючих підприємств – один із найважливіших критеріїв для забезпечення високого рівня економічного добробуту суспільства. Вітчизняна інфраструктура промислових підприємств та об'єктів житлово-комунальної галузі передбачає, як правило, централізований порядок отримання енергоносіїв. При цьому в існуючих єдиних енергосистемах (електричних та теплових) мають місце такі недоліки:

- значні втрати при транспортуванні енергії протяжними і розгалуженими мережами;

- відсутність резерву електричної та теплової потужності;
- низька економічність та надійність застарілого обладнання.

В даний час в нових економічних умовах переходу до соціально орієнтованих ринкових відносин і порівняно високому рівні інфляції немає можливості використання централізованих засобів для заповнення ресурсів, що відпрацювали і потребують заміни генеруючих потужностей. Будівництво малих теплоелектростанцій (міні-ТЕС) та модернізація існуючих міні-ТЕЦ із застосуванням принципів когенерації є одним із найперспективніших шляхів розвитку енергетики країни [1].

Когенерація - це термодинамічний виробництво двох і більше форм корисної енергії (механічної, електричної та теплової) з єдиного первинного джерела енергії (органічного палива або нетрадиційних видів). Якщо при традиційному роздільному способі виробництва електроенергії (на електростанціях) та теплоти (у котельнях) значна частина енергії палива не використовується, можна значно зменшити загальне споживання палива шляхом застосування когенераційних установок, що забезпечують одночасне спільне виробництво електроенергії і теплоти.

Як нові технології в енергоспоживання на проектованій території (а також на промисловому або комунальному об'єкті) можна застосовувати процеси когенерації, що дає суттєві економічні переваги, а також підвищує надійність енергопостачання. При експлуатації традиційних (парових, газових) електростанцій у зв'язку з технологічними особливостями процесу генерації енергії велика кількість теплоти втрачається, скидається в атмосферу через конденсатори пари, градирні та інші пристрої, що охолоджують (теплообмінники).

Звичайні електростанції, що виробляють лише електроенергію, використовують паливо менш ефективно порівняно з когенераційними установками. Останні дозволяють одночасно виробляти як теплоту, так і електроенергію, що значно підвищує коефіцієнт використання палива.

Однак існує проблема: влітку, коли опалення не потрібне, тепла енергія когенераційних установок майже не використовується. Це призводить до значних втрат теплоти. Щоб уникнути таких втрат, пропонується застосовувати системи акумулювання теплоти, які можуть накопичувати її в теплий період для подальшого використання взимку. Одним з найефективніших рішень є зберігання теплоти в ґрунтових акумуляторах. Для цього використовуються спеціальні системи теплообмінників, занурених у землю, де накопичується теплота. Ґрунт і вода, що міститься в ньому, мають високу теплоємність, що дозволяє зберігати велику кількість теплової енергії[2].

Важливою частиною цієї системи є теплові насоси, які використовуються для вилучення накопиченої теплоти та передачі її в теплову мережу взимку. Вони працюють таким чином, що підтримують постійну температуру в системі опалення, що особливо важливо для забезпечення комфорту в холодний період. Теплові насоси витягують теплоту з ґрунту, де

вона акумулюється влітку, і передають її в систему опалення, підтримуючи необхідну температуру теплоносія [3].

Схема роботи системи наступна: спочатку, влітку, відбувається процес акумулювання теплоти, під час якого температура ґрунту поступово зростає. Аналізуючи експериментальні дані, можна зробити висновок, що до 180 дня температура накопичується та підвищується, досягаючи максимальних значень. Після цього починається фаза розрядки, коли теплові насоси витягують теплоту, і температура в ґрунті поступово знижується. Це важливо для рівномірного розподілу теплоти та підтримки системи опалення в холодний сезон [4].

Крім того, для підвищення ефективності системи, велике значення має мінімізація втрат теплоти. Ізоляція верхнього шару ґрунтового акумулятора дозволяє знизити втрати до 0,6% від загального обсягу акумульованої теплоти. Це значно підвищує загальну ефективність системи, адже навіть невеликі втрати теплоти можуть суттєво знизити продуктивність в опалювальний сезон [5].

Однією з головних переваг запропонованої технології є те, що вона дозволяє вдвічі збільшити кількість теплоти, яку можуть виробляти когенераційні установки, при цьому не збільшуючи витрат палива та енергії. Тобто, при тих самих затратах можна отримувати більше теплової енергії, що робить таку систему особливо привабливою для країн із тривалим опалювальним сезоном, таких як Україна. А також при використанні когенераційних установок в період літніх відключень світла в житлових комплексах з індивідуальними котельнями.

Система є ефективною як з економічної, так і з екологічної точки зору, оскільки не потребує використання додаткових природних ресурсів і не має негативного впливу на клімат.

Отже, комплексна система, яка складається з когенераційної установки з акумулюванням теплоти в літній період та використанням її в опалювальний сезон за допомогою теплового насосу, є перспективним рішенням для покращення роботи комунальних теплоелектростанцій. Вона дозволяє підвищити ефективність використання палива, зменшити втрати теплоти і забезпечити стабільніше теплопостачання взимку. В умовах зростання цін на енергоресурси та проблем з відключенням енергопостачання такі системи стають дедалі актуальнішими і економічно вигідними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Можливості підвищення енергоефективності теплових мереж шляхом впровадження когенерації / Андрєєв С. Ю. та ін. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. 2015. Т. 17, № 1126. С. 147–155.

2. Любарець О.П., Москвітіна А.С. Техніко-економічне обґрунтування використання теплоакumuлюючих матеріалів для систем міжсезонного сонячного теплопостачання. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2014. Т. 17. С. 115–119..

3. Любарець О.П., Москвітіна А.С. Аналіз конструкцій сезонних теплоаккумуляторів для забезпечення систем гарячого водопостачання та опалення в котеджному будівництві. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2015. Т. 18. С.61-69.

4. Любарець О.П., Москвітіна А.С. Порівняння конструкцій теплових аккумуляторів з твердим теплоакмулюючим матеріалом та комбінованим теплоакмулюючим матеріалом. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2016. Т. 19. С. 101-111.

5. Човнюк Ю.В., Чередніченко П.П., Москвітіна А.С., Пефтьєва І.О. Визначення оптимальних співвідношень розмірів ґрунтових аккумуляторів теплоти, обмежених теплоізоляційними шарами. *МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ*. 2022. Т. 80. С.451-464.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Москвітіна Анна, Охрисько Вадим, Костюк Павло

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
moskvitina.as@knuba.edu.ua, melnychenko_vm-2022@knuba.edu.ua, kostiuk_pl-2022@knuba.edu.ua*

У "Енергетичній стратегії України до 2030 року" планується зменшити імпорт енергоносіїв, збільшити частку вугілля та атомної енергетики. Теплопостачання буде розвиватися через теплові насоси. До 2030 року очікується виробництво 180 млн Гкал теплоти. Частка АЕС залишиться на рівні 52%. Теплові насоси (ТН) використовують різницю температур між джерелом низькопотенційної теплоти і приймачем [1]. Їхній коефіцієнт завжди більше 1 (зазвичай 2-4), що не суперечить законам термодинаміки. Вони ефективно концентрують енергію з навколишнього середовища. Світовий досвід давно освоїв використання теплових насосних установок у системах теплозабезпечення, включаючи комбінування з тепловими електростанціями, визначаючи це як термодинамічний метод опалення. ТН з коефіцієнтом перетворення $\varepsilon = 2$ поступаються традиційним теплогенераторам із ККД понад 70 % за витратами палива. Єдиною перевагою ТН є відсутність необхідності в постачанні твердого або рідкого палива. При збільшенні коефіцієнта перетворення ТН та зниженні споживання електроенергії, їхня ефективність значно перевищує традиційні системи теплопостачання для житлових і промислових будівель. Теплові насоси надають ефективне рішення для теплозабезпечення як міських, так і віддалених об'єктів (фермерські господарства, котеджі тощо). Вони економічні, екологічні, безпечні та надійні. Переваги теплових насосів в їх екологічності, тобто відсутності шкідливих викидів та гнучкість, бо вони підходять до будь-якої системи опалення, а також працюють в режимі холодильної машини в літку [2].

ТН забезпечують ефективне теплозабезпечення об'єктів, розташованих далеко від комунікацій. Вони економічні, екологічні, безпечні, надійні, працюють тихо і підходять для різних систем. ТН широко використовуються в багатьох країнах, зокрема в США (30% будинків) та Швеції (350 тис. будинків). Важливими факторами зростання ринку є субсидії, сертифікація монтажу та зростання нових будівництв. У Фінляндії ТН стали популярні, особливо для опалення будинків із використанням тепла з ґрунту або озер. У галузі ТН основними викликами є підготовка персоналу та підтримка високої якості продукції. В Україні розвиток стримується низькою вартістю енергії, хоча в сучасних умовах використання ТН стає перспективним для поліпшення екологічної ситуації та економії палива. Україні є потенціал для розвитку теплових насосних установок, включаючи наукові, технічні та виробничі можливості. Хоча в країні вже реалізовано деякі проекти з використанням ТНУ для житлових будинків, їх масштаби обмежені. Необхідно прийняти закони та програми для підтримки екологічно чистих систем теплозабезпечення. Це включає державну підтримку, податкові пільги та кредити, а також впровадження нових технологій у південних регіонах. В Україні вже реалізуються окремі проекти з використання теплових насосів у котеджах і багатоквартирних будинках, але це поодинокі випадки, які не охоплюють комунальну теплоенергетику. Для розвитку цього напрямку необхідно прийняти законодавчі акти, включаючи створення цільових програм, таких як "Екологічно чисте теплозабезпечення", що підтримують впровадження теплових насосів через інвестиції, податкові пільги та кредити [3].

При цьому в останній час через різке подорожчання природного газу та урядові постанови, які стимулюють інтерес до електроенергії як джерела теплоти, зростає попит на інтеграцію теплових насосів у існуючі системи теплопостачання будівель. Зазвичай цікавлять установки теплових насосів типу «повітря-вода», оскільки вони є менш затратними та складними.

При інтеграції теплового насоса в існуючу систему теплопостачання виникає проблема вибору його потужності. Тому потрібно визначити оптимальну потужність теплового насоса для існуючих систем теплопостачання в приватних будинках [4].

Згідно з існуючими нормами, питомі тепловтрати в малоповерхових житлових будинках південного регіону не повинні перевищувати 80 Вт/м². Температура теплоносія в системах з газовими котлами при температурі – 18 °С в Одесі становить 80–60 °С. Однак у одноступінчастих теплових насосах типу «повітря-вода» максимальна температура подачі теплоносія не перевищує 60 °С, що ускладнює забезпечення нормативних температур у приміщеннях. Мінімальна температура зовнішнього повітря, при якій теплоносії при 60 °С здатний забезпечити комфорт у приміщенні, становить близько 0 °С, при цьому потужність теплового джерела не перевищує 55 % від максимальної. Це свідчить про те, що немає необхідності встановлювати тепловий насос такої ж потужності, як газовий котел.

Ефективність роботи теплового насоса визначається коефіцієнтом трансформації (COP), який залежить від температури зовнішнього повітря та температури теплоносія. Чим нижча температура зовнішнього повітря і вища температура теплоносія, тим нижче значення COP. За нинішніх цін на газ та електроенергію, COP нижче 2 призводить до вищої вартості теплоти від теплового насоса у порівнянні з газовим котлом. Для більшості теплових насосів COP вище 2 спостерігається при температурах зовнішнього повітря вище -5°C . У Одесі за останні 10 років середня кількість днів з температурою нижче -5°C становить лише 14 днів на рік [5].

Вартість теплового насоса значно перевищує вартість газового котла, тому важливо правильно визначити його потужність при розробці комбінованої системи теплопостачання. Потужність котла можна розрахувати на основі максимального навантаження на систему опалення та гарячого водопостачання. А для повітряного теплового насоса потрібно враховувати режим роботи і ефективність роботи в цьому режимі. Більш складні теплові насоси (двоступеневі) можуть забезпечити температурний режим $80\text{--}60^{\circ}\text{C}$, але їх вартість на 1,5–2 рази вища. Проаналізувавши техніко-економічні розрахунки трьох варіантів систем теплопостачання для приватного будинку в Одесі площею 300 м^2 та на 5 осіб: газовий котел, газовий котел з одноступінчастим тепловим насосом та тепловий насос, що забезпечує температурний режим $80\text{--}60^{\circ}\text{C}$, з урахуванням розрахунку тепловтрат і водоспоживання відповідно до існуючих норм, можна зробити висновки:

1. Одноступінчасті теплові насоси типу «повітря-вода» можна ефективно використовувати тільки в поєднанні з газовим котлом.
2. Ефективність роботи повітряних теплових насосів спостерігається при температурах зовнішнього повітря вище $-5\ldots 0^{\circ}\text{C}$, тому доцільно використовувати їх в поєднанні з дублюючим джерелом теплоти.
3. Використання більш складних конструкцій теплових насосів, які можуть забезпечити температурні режими $80\text{--}60^{\circ}\text{C}$, веде до значного зростання капітальних витрат з незначною економією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.uazakon.com>.
2. Аналіз перспектив використання теплових насосів України [Електронний ресурс]. - Режим доступу <http://www.insolar.com.ua/library/articles/>.
3. Басок Б.І. та ін. Комплексна модернізація типової системи теплопостачання будівлі на основі використання теплового насоса типу «повітря-вода». *Промислова теплотехніка*. 2009. Т. 31, № 7. С. 19-21.
4. Джеджула В. В. Управління альтернативними джерелами енергії у системі інноваційного розвитку підприємств. Процесне та соціально-компетентне управління інноваційним розвитком підприємницьких систем : монографія / за наук. ред. О. М. Полінкевич. Луцьк :Вежа-Друк, 2017. С. 146-155.

5. Басок Б.І., Лисенко О.М., Приємченко В.П., Андрейчук С.В. Особливості теплозабезпечення адміністративної будівлі на основі індивідуального теплового пункту. *Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво)*. 2013. Т. 77. С. 184-188.

СВІТОВИЙ ДОСВІД УТИЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ

Негода Н.В., Жукова О. Г., Бестюк В.І, Панько П.М.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Будівельна галузь – один з найвпливовіших факторів антропогенного впливу на природу. Будівництво по праву займає важливе місце серед забруднювачів довкілля, у процесі його реалізації генеруються відходи, залишки будівельних матеріалів, а також значний обсяг твердих відходів у вигляді ґрунтів, що підлягають розробці.

Зі збільшенням масштабів інвестиційно-будівельних робіт у великих містах України, стрімко зросла необхідність у вільних ділянках під забудову. Одним із можливих вирішень питання нестачі землі є демонтаж старих споруд, які не використовуються та займають значні площі. Здійснений аналіз вказує на те, що на території промислових зон, військових об'єктів знаходиться велика кількість будівель, які потребують реконструкції або знесення з метою вивільнення території.

Антропогенний вплив будівництва є багатогранним і проявляється на кожному кроці будівельних робіт – від видобутку сировини та виготовлення будівельних матеріалів до переробки будівельного сміття при знесенні будинків та споруд. Тобто, довкілля зазнає впливу як від самого процесу будівництва, так і від виробленої ним продукції.

Переробка будівельного сміття методом рециклінгу дає змогу значно зекономити гроші на зборі, перевезенні та інших необхідних процесах. Відходи будівель, зокрема бетон та цегла, не вимагають транспортування. Майже завжди після розбирання будинку на його місці зводять новий об'єкт, а для цього потрібно чимало щебеню для фундаменту. Переробка будівельного сміття замість щебеню дозволяє отримати подрібнену цеглу та бетон, які утворюються при демонтажі старої будівлі.

До того ж, на внутрішньому ринку спостерігається приріст капіталовкладень у спорудження різноманітних об'єктів, серед яких гуртові крамниці, супермаркети, офісно-торговельні комплекси, складські зони, виробничі майстерні нових фірм. Досить часто відбудова старих будівель є фінансово обґрунтованою, в інших випадках відбувається їх майже тотальний демонтаж заради нового будівництва. З огляду на міцність старих споруд та їх підвалин, знести такі об'єкти досить важко. В результаті демонтажу утворюється значна кількість будівельного сміття, яке потребує утилізації.

Джерелом виникнення будівельних відходів є матеріали, що з'являються під час зведення нових будівель. Зроблений аналіз новобудов великих

будівельних організацій показав, що в процесі спорудження 100-квартирного будинку з'являється в середньому 15...20 т твердих відходів, основу яких становить бита цегла, залишки застиглого бетону та будівельного розчину, подрібнений гіпсокартон, дефіцит стінових блоків з керамзитобетону, ніздрюватих бетонів, пінопласт та мінеральна вата.

Іншим джерелом є відходи з промисловості, що виготовляє будматеріали. Найбільш поширеними з них є відсіви від кар'єрів з видобутку щебеню, скlobій, цегла, яка виявилася браком, дефектні залізобетонні конструкції, відпрацьовані гіпсові форми з керамічних фабрик і таке інше.

До будівельних відходів також входять тверді матеріали, що з'являються в процесі ремонту доріг. Якщо частина старого асфальту використовується повторно, то подрібнений бетон з дорожнього полотна зазвичай відвозиться на сміттєзвалища. Всі будівельні відходи містять наступні речовини: бетон та залізобетон, цегла, метал, ґрунт, пісок з домішками глини, сантехнічна кераміка, деревина, скло, гіпсокартон, пластик, асфальт. За підрахунками експертів, за масою 52% будівельних відходів складають бетон та залізобетон, 32% – кам'яні стінові матеріали (цегла, блоки для стін, піно- та газобетон), 8% – відходи асфальту та розчинів, 4% – металеві відходи, 2% – відходи деревини та пластмас, 1% – керамічні вироби (сантехніка, керамічна плитка), 1% – гіпсокартон, скло та інші відходи.

Окрім зменшення витрат на перевезення та вантаження, ви позбуваєтесь необхідності сплачувати за зберігання будівельних відходів на звалищах, оскільки їх переробляють безпосередньо на місці.

Безсумнівно, відходи будівництва не можуть змагатися з повноцінними будівельними матеріалами, але завдяки низькій собівартості, такі матеріали, як старий асфальт, розбите скло, цегла, залізобетонні конструкції та пластикові вироби, після обробки можуть використовуватися для зведення нових будівель.

Залишений після демонтажу будівель залізобетон часто застосовують при влаштуванні фундаментів або для заповнення виїмок та пустот. Щоб переробити залізобетон, задіюють особливе гідравлічне обладнання – наприклад, гідравлічні молоти чи ножиці. Вони дробять або подрібнюють великі уламки. Після цього залізобетон потрапляє у дробарку, де відбувається його сортування на потрібні фракції.

Будівельні відходи, зокрема асфальт, часто використовуються для створення дорожнього полотна. Їх піддають термічній обробці за високих температур, що зумовлює розплавлення смолистих компонентів. Якщо асфальт втрачає необхідну в'язкість або інші важливі параметри, до нього додають спеціальні добавки, що зміцнюють і "бетонують" його.

Обладнання, що використовується для переробки будівельних відходів, може бути різним: стаціонарним, пересувним або самохідним. Існують різні види обладнання, зокрема дробильне та сортувальне. Від обраного типу обладнання залежить обсяг виробленої вторинної сировини та її кінцева якість.

Стаціонарне устаткування вирізняється високою продуктивністю. Відсортовані та зібрані відходи спочатку потрапляють у систему. Усередині цієї системи розміщено магніт, який забезпечує видалення металевих елементів з загальної маси. Далі завантажену сировину подрібнюють. Фінальний продукт, який отримують завдяки стаціонарному устаткуванню – це товарний бетон, який використовується при будівництві шляхів.

Література:

1. Відходи від війни: що це таке та як із ними впоратись? URL: <https://rubryka.com/article/waste-from-war/> (дата звернення: 11.04.2025).
2. Закон України «Про управління відходами». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 11.04.2025).
3. Перероблення будівельних відходів: виклики та можливості для України. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3826490-pereroblenna-budivelnih-vidhodiv-vikliki-ta-mozlivosti-dla-ukraini.html> (дата звернення: 11.04.2025).
4. Фісуненко, П., & Герасимова, О. (2022). Напрями зменшення ризиків воєнного екоциду за допомогою рециклінгу будівельних відходів в девелопменті нерухомості. Економіка та суспільство. 45. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-41>.

ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗЕЛеної ЛОГІСТИКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ БУДІВНИЦТВА

Вікторія Божанова, Анастасія Непершина

*ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»,
УДУНТ,*

vyu7575@gmail.com, nepershynaa@gmail.com

У сучасному світі забруднення навколишнього відбувається щохвилини: викиди вуглецю CO₂ в атмосферу, нераціональне використання води, величезна купа сміття, яке не сортується та низка інших факторів, які впливають на екологію. Треба мати чітке розуміння, що ресурси Землі обмежені, тому саме час впроваджувати дії, аби захистити нашу планету та навколишнє середовище від забруднень. Саме тому зростає актуальність концепції «Зелена логістика».

Питанням розвитку «зеленої» логістики в Україні присвячені наукові труди: Божанової В., Кононової О., Омелич О., Гурч Л., Хмари Л., Сало Я., Коренюка П., Лозовського О., Білоус-Сергєєвої С., Біленкової О., Коваль В. [1, 2, 3, 6, 8]. Також є публікації практиків Семеніхіної Л. та ін. [5, 7].

Зелена логістика (green logistics) - це система заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище. Вона охоплює всі етапи ланцюжка постачання: від виробництва товарів і їх пакування до транспортування та управління відходами [5]. Метою екологістики є інтеграція та координація екологічних, соціальних і економічних аспектів у

межах логістичної системи з метою еколого- орієнтованого логістичного управління. Основні завдання, які вирішує зелена логістика:

- безпечна утилізація;
- мінімізація шкідливих викидів в атмосферу;
- дотримання екологічних норм і правил у процесі виробництва;
- заміна штучних джерел енергії на природні (енергія від сонця, вітру);
- раціональне використання природних ресурсів.

Згідно джерелу, автором визначено, що «зелена» логістика має на меті знизити існуючий негативний вплив транспорту на середовище та просувати модель екологічного бізнесу (рис. 1) [6].

Зелена логістика в будівництві - це впровадження екологічно сталих рішень у логістичні процеси, пов'язані з постачанням, транспортуванням, зберіганням та утилізацією матеріалів на будівельному майданчику. Її мета - знизити екологічний слід будівництва, зменшити споживання ресурсів і покращити ефективність будівельних процесів.



Рис. 1. Цілі зеленої логістики *Джерело: [6]*

Основним документом, який делегує принципи екологічного права, є Декларація Ріо-де-Жанейро про навколишнє середовище і розвиток, прийнята на конференції Організації Об'єднаних Націй в червні 1992 р. в Ріо-Де-Жанейро. Перший- принцип кругообігу. [4] Тобто, речовини, що беруться з природного середовища, мають бути використані з урахуванням вимоги сталого розвитку: повторно, або перероблені в інші матеріали/ енергію чи відправлені у відходи з мінімальною додатковою витратою ресурсів і без шкоди для навколишнього природного середовища. Другий принцип - заміни має на меті замінити менш ефективні методи, товари, технології тощо більш ефективними.

Основними практиками в будівельній екологістиці є раціональне управління відходами (будівельне сміття) та використання вторинних та/ або місцевих матеріалів.

Під місцевими матеріалами на увазі маються ресурси, що видобуваються неподалік від об'єкту будівництва. Це можуть бути пісок, глина, щебінь, деревина або цегла місцевого виробництва. Вторинні матеріали - це будівельні матеріали, що були у використанні раніше, але пройшли обробку для повторного застосування. Наприклад, бетонні уламки

переробляються у щебінь, старі дерев'яні балки, які пройшли повторну обробку, перероблений матеріал. Як наслідок, зменшуються транспортні витрати, швидше доставляються матеріали, підтримується регіональна економіка, економія ресурсів та зменшується кількість будівельних матеріалів.

Будівельна галузь - одна з тих, яка продукує найбільшу кількість відходів. Рациональне управління цими відходами дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля, оптимізувати логістичні процеси та зекономити ресурси. Основні принципи- сортування, переробка та повторне використання. Під час будівництва накопичується значний обсяг картонної та паперової упаковки. Це можуть бути різні упаковки матеріалів, паперові мішки, креслення, документація, захисні шари, що використовуються під час транспортування. Спочатку треба відсортувати відходи на майданчику: встановити спеціальні контейнери, потім ці матеріали відвозяться у переробні пункти. Під час масштабних проєктів можна навіть заключити договір з компанією, яка займається переробкою вторинної сировини. У деяких європейських країнах вже давно діють «зелені стандарти будівництва», які вимагають сортування та документального звіту про поводження з відходами. В Україні цей підхід також набирає обертів — особливо серед компаній, що будують за європейськими стандартами або працюють із міжнародними інвесторами.

Підводячи підсумки, зелена логістика в будівництві - це перш за все про обачне ставлення до навколишнього середовища. Рациональне використання ресурсів, зменшення шкідливих викидів, повторне застосування матеріалів і правильне управління відходами дозволяють не лише знизити негативний вплив на довкілля, а й оптимізувати витрати та підвищити ефективність будівельних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Божанова В.Ю., Кононова О.Є. Застосування моделі циркулярної економіки у поводженні з твердими побутовими відходами та відновленні зруйнованої інфраструктури України // *Сучасна освіта та наука: стан, проблеми, перспективи* : Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції 20 – 21 березня 2023 р. Полтава: ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». С. 716-717. URL.: file:///C:/Users/User/Downloads/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97%2020-21_03_2023%20%D1%84%D1%96%D0%BD.pdf (дата звернення: 10.04.2025).

2. Божанова В.Ю., Кононова О.Є., Омелич О.Ю. Екологістика в процесі управління «зеленим будівництвом» // *«Green Construction» («Зелене будівництво»)*: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 13-14 квітня 2023 р.). – Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури. 2023. С. 50-54. URL.: https://vsau.org/assets/images/content/nauka/konferencii_22-23/Invitation%20UA.pdf (дата звернення: 10.04.2025).

3. Гурч Л. М. Розвиток "зеленої логістики" в Україні / Л. М. Гурч, Л. Є. Хмара // *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Логістика*. 2014. № 811. С. 86-91. (дата звернення: 10.04.2025).
4. Декларація Ріо-де-Жанейро (1992). *Вікіпедія* : веб-сайт. URL: <https://surl.li/zlkdde> (дата звернення: 10.04.2025).
5. Зелена логістика: що це і які в неї переваги? *Meest China* : веб-сайт. 28.03.2025. URL: <https://meest.cn/news/zelena-logistika-sho-ce-i-yaki-v-neyi-perevagi/> (дата звернення: 10.04.2025).
6. Сало Я. «Зелена» логістика в Україні: проблеми та перспективи. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 47. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-58> (дата звернення: 10.04.2025).
7. Семеніхіна Л. Майбутнє логістики у 2024-2025: тренди, що формують галузь. *Profi Cargo Service* : веб-сайт. 28.11.2024. URL: <https://www.proficargo.com.ua/novini/majbutnye-logistyky-u-2024-2025-trendy-shho-formuyut-galuz.html> (дата звернення: 10.04.2025).
8. Bozhanova, V., Korenyuk, P., Lozovskyi, O., Belous-Sergeeva S., Bielienskova, O., Koval, V. Green Enterprise Logistics Management System in Circular Economy. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 2022, 7(3), P. 350–363. URL: https://ijmems.in/article_detail.php?vid=7&issue_id=32&article_id=434. – DOI: <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2022.7.3.024> (дата звернення: 10.04.2025).

УКРИТТЯ НА УКРАЇНСЬКИХ ОБ'ЄКТАХ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА

Анатолій Нестер

Хмельницький національний університет, nesteranatol111@gmail.com

У контексті воєнного стану в Україні, питання укриття на об'єктах зеленого будівництва набуває особливої актуальності. Зелене будівництво, яке передбачає використання екологічно чистих і енергоефективних матеріалів, а також застосування технологій, що знижують вплив на навколишнє середовище, повинно враховувати не тільки екологічні вимоги, а й вимоги безпеки.

Специфіка укриттів на об'єктах зеленого будівництва під час воєнного стану полягає в поєднанні вимог безпеки з принципами сталого та екологічного будівництва. Враховуючи особливості воєнного часу, важливо, щоб укриття не тільки виконували свою основну функцію — захист від зовнішніх загроз, але й відповідали стандартам екологічності, енергоефективності та комфортності.

Ось ключові аспекти, які мають враховуватись українськими спеціалістами при проектуванні укриттів на таких об'єктах.

Зелені будівельні об'єкти зазвичай використовують енергоефективні матеріали, але для укриттів важливо застосовувати міцніші конструкції. Сталь,

бетон та армовані матеріали можуть бути необхідні для забезпечення захисту від вибухових хвиль і уламків.

Укриття повинні бути розташовані так, щоб максимально зменшити ризик пошкодження під час обстрілів або вибухів. Це може включати використання підземних приміщень або спеціально укріплених частин будівлі. Укриття мають бути легко доступними для всіх мешканців або працівників будівлі, з урахуванням інклюзивного дизайну для осіб з обмеженими можливостями. Враховуючи концепцію зеленого будівництва, укриття повинні будуватися з екологічно чистих матеріалів, які не завдають шкоди здоров'ю людей у разі тривалого перебування.

Енергоєфективні матеріали для теплоізоляції забезпечать мінімальні тепловтрати, що особливо важливо для забезпечення комфортних умов у разі тривалого перебування в укритті. Це може включати використання натуральних теплоізоляційних матеріалів, таких як вата з переробленого текстилю або ековата.

Укриття повинні мати автономні джерела енергії для забезпечення освітлення та вентиляції у разі відключення основних комунікацій. Це можуть бути сонячні панелі, батареї та інші відновлювальні джерела енергії. Укриття повинні мати природне освітлення, якщо це дозволяє безпека. Це може бути досягнуто через спеціальні конструкційні рішення, які мінімізують використання штучного освітлення та забезпечують належну вентиляцію. Відновлювальні джерела, такі як біогазові установки або геотермальні системи, можуть бути використані для забезпечення тепла та водопостачання в укриттях, що знижує залежність від традиційних джерел енергії

Залучення природних елементів (рослинність, водні елементи тощо) може допомогти створити комфортне середовище навіть в екстремальних умовах. Наявність водних елементів, таких як малі фонтани або водоемульсії, може також сприяти покращенню психологічного клімату в укритті та допомогти зволожити повітря в сухих умовах. Це може зменшити стрес і тривогу у людей, які перебувають у сховищах.

Укриття повинні бути оснащені ефективними фільтраційними системами для очищення повітря від шкідливих речовин у разі застосування хімічної або біологічної зброї. Це може бути важливою частиною планування таких об'єктів.

В умовах воєнного стану можуть бути проблеми з водопостачанням, тому укриття повинні мати автономні системи водопостачання та каналізації, щоб забезпечити необхідні умови для довгострокового перебування.

У разі надзвичайної ситуації важливо, щоб укриття мали системи зв'язку для отримання актуальної інформації та зв'язку з зовнішнім світом.

Укриття повинні мати необхідні засоби для надання першої медичної допомоги на випадок травм або отруєнь.

Тривале перебування в укритті може викликати психологічний стрес. Врахування комфортних умов для психоемоційного стану людей — це важливий аспект зеленого будівництва, тому укриття можуть включати зони

відпочинку, ізоляції та навіть можливість спілкування з іншими людьми. Проектування укриттів повинно враховувати також потребу в наданні психологічної допомоги в разі необхідності. Це можуть бути спеціалізовані приміщення для надання психологічної допомоги чи зони для відпочинку.

Зелені будівлі можуть бути спроектовані таким чином, щоб їх елементи могли швидко адаптуватися до змінних умов. Модульні конструкції можуть бути адаптовані під потреби укриття в разі зміни умов або кількості людей, які потребують захисту. Зелений дах може забезпечити додатковий рівень теплоізоляції, знизити потребу в кондиціонуванні або опаленні, а також допомогти зменшити вплив на навколишнє середовище шляхом поглинання вуглекислого газу.

Мобільні укриття можуть бути корисними для тимчасових ситуацій. Для таких укриттів важливо забезпечити швидку установку і демонтаж, зберігаючи при цьому всі вимоги безпеки.

Укриття повинні бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити максимальний захист від вибухів, уламків та інших загроз. Підземні укриття можуть бути оптимальним варіантом, оскільки вони забезпечують додатковий рівень захисту. Однак, важливо враховувати геологічні умови (тип ґрунту, рівень ґрунтових вод) для забезпечення стабільності та безпеки.

Укриття мають бути розташовані таким чином, щоб мінімізувати вплив зовнішніх факторів (обстріли, вибухи), а також ризики від падіння уламків або проникнення шкідливих речовин.

Вхід до укриття повинен бути забезпечений надійними евакуаційними шляхами, що дозволяють швидко дістатися до безпечного місця навіть в екстремальних умовах. Системи сигналізації і освітлення мають бути інтегровані для забезпечення безпеки під час евакуації.

Укриття не повинні псувати загальний вигляд будівлі, навіть під час воєнного стану. Вони повинні бути частиною загального дизайну будівлі, використовуючи принципи зеленого будівництва (наприклад, перероблені матеріали, натуральний камінь, деревина, що відповідає стандартам стійкості). Крім того, важливо враховувати теплоізоляцію, щоб укриття залишалися енергоефективними і зберігали тепло в зимовий період або прохолоду влітку.

Укриття повинні мати можливість адаптуватися до змінних умов: зростання кількості людей, різні ситуації надзвичайного стану. Модульні конструкції або рухомі стіни можуть бути використані для зміни конфігурації приміщень.

Укриття повинні бути оснащені системами вентиляції, які не лише забезпечують приплив свіжого повітря, але й фільтрують його від шкідливих речовин або токсичних газів. Враховуючи можливість використання хімічної, біологічної чи ядерної зброї, важливо мати спеціальні фільтрувальні системи.

Системи протипожежної безпеки повинні бути належно інтегровані, включаючи автоматичні системи сповіщення про пожежу, вогнегасні системи, запасні виходи та шляхи евакуації.

Завдяки використанню природного освітлення, можна не тільки знизити енергоспоживання, але й підвищити психологічний комфорт людей у сховищах. Наприклад, укриття можуть мати вікна з броньованого скла або прозорі дахові конструкції для максимальної видимості.

Біофільний дизайн, включаючи елементи живої природи (дерева, рослини, водні елементи), може допомогти знизити рівень стресу та тривоги, що є важливим у критичних ситуаціях. Рослини також можуть покращити повітря в укриттях, забезпечуючи додаткове очищення повітря.

Використання рослин і природних елементів всередині укриттів може допомогти створити комфортну атмосферу, знизити рівень стресу та покращити повітря. Наприклад, вертикальні сади або рослини на стелях можуть бути використані для очищення повітря та забезпечення візуального зв'язку з природою.

Дизайн укриттів повинен враховувати потреби людей у відпочинку та комфорті під час тривалого перебування. Це може включати зони для сидіння, можливість розташуватися на підлозі або зручні зони для відпочинку та сну.

Укриття повинні бути спроектовані з урахуванням природного ландшафту, намагаючись мінімізувати вплив на навколишнє середовище. Це може включати використання природних бар'єрів (дерева, пагорби) для додаткового захисту.

Оскільки укриття можуть бути використовувані протягом тривалого часу, вони повинні бути оснащені системами для збереження та очищення води, а також сховищами для їжі.

У випадку відключення зв'язку внаслідок бойових дій, важливо мати резервні системи для збереження комунікацій з зовнішнім світом.

Згідно з ДБН, укриття повинні витримувати вплив вибухових хвиль та інших зовнішніх навантажень, тому вони мають бути побудовані із використанням високоякісних і міцних матеріалів, таких як армований бетон, сталь чи інші захисні матеріали. Особливу увагу потрібно звернути на конструкцію дверей і вікон, які мають бути з герметичними засовами для запобігання проникненню токсичних газів чи пилу.

Укриття повинні бути обладнані системами автоматичного пожежогасіння та іншими заходами безпеки, що дозволяють уникнути загрози від пожеж в умовах обстрілів чи вибухів.

Враховуючи можливість застосування хімічної або біологічної зброї, укриття мають бути оснащені фільтраційними системами для очищення повітря та захисту від шкідливих хімічних і біологічних агентів.

Враховуючи сучасні екологічні стандарти, необхідно проектувати системи опалення, вентиляції, освітлення і водопостачання таким чином, щоб забезпечити низьке споживання енергії і води, навіть у разі тривалого перебування людей в укритті.

Укриття повинні бути обладнані системами вентиляції, які здатні забезпечити постійний потік свіжого повітря і одночасно захищати від забруднення. Враховуючи можливість використання хімічної чи ядерної зброї,

необхідно передбачити фільтраційні системи для очищення повітря від токсичних речовин.

Всі системи укриття, включаючи вентиляцію, повинні бути автономними, що дозволяє забезпечити довготривале перебування в умовах відключення енергопостачання або припинення доступу до комунальних мереж.

Укриття повинні мати чітко визначені евакуаційні шляхи, що дозволяють швидко вивести людей у разі необхідності. Важливо, щоб ці шляхи були вільними від перешкод і добре освітленими. Також має бути забезпечена доступність для людей з обмеженими можливостями. Укриття повинні бути розташовані в зручних для швидкої евакуації місцях, з урахуванням доступу до всіх необхідних ресурсів і вільних від небезпечних зон.

Враховуючи специфіку воєнного стану, укриття повинні бути оснащені автоматизованими системами оповіщення, які в реальному часі повідомляють про небезпеку та можливі загрози. Проектування укриттів має включати моніторинг стану повітря, рівня токсичних газів, а також наявність необхідних засобів для надання першої медичної допомоги.

Дизайн і розташування укриттів на об'єктах зеленого будівництва під час воєнного стану є складним завданням, яке вимагає балансування між екологічними стандартами, енергоефективністю та вимогами безпеки. Оскільки об'єкти зеленого будівництва спрямовані на збереження навколишнього середовища та підвищення комфорту, при проектуванні укриттів необхідно врахувати як захист від небезпек воєнного стану, так і принципи сталого розвитку.

Дизайн і розташування укриттів на об'єктах зеленого будівництва під час воєнного стану повинні базуватися на інтеграції безпеки, екологічності та комфорту. Врахування вимог до безпеки, як фізичної (захист від вибухів і обстрілів), так і психологічної, разом з принципами сталого розвитку, дозволяє створити простір, який забезпечує не тільки захист, але й комфорт для людей в екстремальних умовах.

Врахування місцевих стандартів та норм при виконанні укриттів на об'єктах зеленого будівництва під час воєнного стану є критично важливим для забезпечення безпеки та комфорту людей, які перебувають в таких укриттях. Крім того, цей процес має враховувати екологічні вимоги та енергоефективність, що є основними принципами зеленого будівництва.

Усі ці вимоги мають бути інтегровані на всіх етапах проектування та будівництва, починаючи від вибору матеріалів і закінчуючи продуманою системою вентиляції та енергозабезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Котковський В.С., Москаленко В.Г., Дробчак А.Л. "Зелене" відновлення як шлях післявоєнної відбудови України. 2023. Збірник наукових праць Одеського національного економічного університету "Науковий

вісник". URL: <http://nvisnik.oneu.edu.ua/collections/2023/308309/pdf/2633.pdf> (дата звернення: 11.04.2024).

2. Ткаченко Т. Перспективи зеленого будівництва у майбутньому відновленні України. 2022. URL: <https://decentralization.ua/news/15011> (дата звернення: 11.04.2024)

3. Горбач Л.М., Рубан О.О., Гуменюк Я.М. Зелена економіка та сталє виробництво в умовах глобалізації. 2024. Електронний журнал "Економіка та суспільство". URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3338/3265> (дата звернення: 12.04.2024).

ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ РЕКУПЕРАТОРА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Новак Євгенія Володимирівна

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,

e.novak@chnu.edu.ua

У сучасних умовах, коли проблема збереження енергії та підвищення енергоефективності набуває все більшої актуальності, особливо важливо впроваджувати інноваційні технології, що дозволяють знижувати витрати на енергоресурси і водночас покращувати комфорт і якість життя. Одним із таких рішень є використання рекуператорів тепла, що стають популярними в системах вентиляції, не лише у промислових або комерційних об'єктах, але й в індивідуальних житлових будинках. Висока вартість енергії, необхідність зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище та постійно зростаючі вимоги до енергетичної ефективності будівель стимулюють пошук нових, ефективних рішень для збереження тепла та забезпечення постійного доступу до свіжого повітря без значних витрат.

Рекуператори тепла використовують принцип обміну теплом між витікаючим і надходячим повітрям, що дозволяє значно знижувати витрати на опалення та охолодження, забезпечуючи підтримку стабільної температури в приміщенні. Такі системи є важливим елементом для досягнення енергоефективності в будівлях, оскільки вони дозволяють утримувати температуру в кімнатах на оптимальному рівні, знижуючи потребу в споживанні енергії для опалення чи кондиціонування. Це особливо важливо в умовах, коли енергетична ситуація в країні стає все більш складною, а ціни на енергоресурси зростають, змушуючи власників житлових будинків шукати можливості для зниження витрат на опалення.

Крім того, впровадження таких технологій відповідає сучасним екологічним вимогам. Зменшення енергоспоживання не лише дозволяє знизити витрати на енергоресурси, але й має позитивний вплив на навколишнє середовище, зменшуючи викиди парникових газів. Враховуючи зростаючий інтерес до енергозбереження та екологічних технологій, використання

рекуператорів стає важливим кроком у напрямку до сталого розвитку та збереження природних ресурсів.

Принцип роботи рекуператора тепла

Рекуператори тепла працюють за принципом обміну теплом між витікаючим і притягуючим повітрям. Охолоджене або прогріте повітря, яке викидається через вентиляційну систему, передає своє тепло холодному повітрю, що надходить ззовні. Це дозволяє значно знизити енергетичні витрати на опалення або охолодження приміщення, оскільки повітря, яке потрапляє в будинок, вже знаходиться на оптимальній температурі. Така система дозволяє використовувати тепло, яке зазвичай йшло б даремно.[1].

Переваги рекуператора тепла

Основною перевагою використання рекуператора є енергозбереження. Система дозволяє зменшити витрати на опалення та охолодження, оскільки знижує потребу в постійному нагріванні або охолодженні повітря, яке надходить в будинок. Це важливо не тільки з економічної точки зору, але й для досягнення енергоефективності в будівлях. Крім того, рекуператори підвищують комфортність у приміщеннях завдяки постійному припливу свіжого повітря, яке вже має комфортну температуру.

Ще однією перевагою є покращення якості повітря в будинку. Завдяки фільтрам, що використовуються в системах вентиляції з рекуперацією, з повітрям в будинок надходять не лише потрібні температурні характеристики, але й очищене повітря. Це особливо важливо для людей, які мають алергію або астму, оскільки система ефективно очищає повітря від пилу, алергенів та інших шкідливих часток.[2].

Екологічні переваги

Рекуператори тепла не тільки економічні, але й екологічні. Вони допомагають зменшити споживання енергії, що, в свою чергу, знижує викиди CO₂ та інших парникових газів, що є важливим аспектом боротьби з глобальним потеплінням. Використання таких систем у житлових будинках дозволяє значно зменшити навантаження на енергосистему та сприяє збереженню природних ресурсів.

Впровадження рекуператора в індивідуальних житлових будинках

Встановлення рекуператора тепла в індивідуальному житловому будинку є вигідним з технічної точки зору, оскільки система легко інтегрується в існуючі системи вентиляції. Вона також не вимагає значних витрат на обслуговування, що робить її економічно доцільною. Крім того, рекуператор можна використовувати разом з іншими системами енергозбереження, такими як сонячні панелі чи теплові насоси, що дозволяє досягти ще більшої ефективності.

Використання рекуператорів тепла в індивідуальних житлових будинках є ефективним способом зменшення витрат на енергію, забезпечення комфортної температури та покращення якості повітря. Завдяки своїй здатності знижувати тепловтрати та очищати повітря, рекуператори тепла допомагають зменшити навантаження на системи опалення і

кондиціонування, що дозволяє економити енергоресурси і знижувати витрати на енергоспоживання.

Важливим аспектом є також екологічна вигода використання рекуператорів, оскільки вони знижують кількість викидів шкідливих речовин в атмосферу та сприяють підтримці здорової атмосфери в будинку. Крім того, правильний вибір і встановлення рекуператорів можуть істотно поліпшити мікроклімат у приміщенні, що має важливе значення для здоров'я мешканців.

Отже, рекуператори тепла є надійним і економічно вигідним рішенням для покращення енергетичної ефективності, підвищення якості життя та забезпечення сталого розвитку. Враховуючи ці переваги, рекуператори тепла повинні стати невід'ємною частиною сучасних енергозберігаючих технологій в індивідуальних житлових будинках.[3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : ДБН В.2.5-23:2010. – 131 Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 104 с. – (Державні будівельні норми України).
2. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень; чинний з 01.12.99. – К. : Міністерство охорони здоров'я України, – 35с. (Державні санітарні норми та правила)
3. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]. – На заміну ГОСТ 2662985 ; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с. – (Державний стандарт України).

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ЦЕГЛЯНОЇ СТІНИ ПРИ УТЕПЛЕННІ ПІНОСКЛОМ (з аналізом точки роси)

Роман Норкін

*Черкаський державний технологічний університет,
roman.com.ukr@gmail.com*

Енергоефективність є одним із ключових пріоритетів сучасного будівництва. В умовах зростання вартості енергоносіїв, екологічних викликів і вимог до комфорту проживання, правильний вибір утеплювача та його раціональне розміщення мають вирішальне значення для довговічності та ефективності будівельних конструкцій [1]. Одним із перспективних теплоізоляційних матеріалів є піноскло, яке заслуговує на детальний аналіз з точки зору його властивостей, переваг, недоліків і можливостей застосування. У рамках дослідження було проведено моделювання температурного режиму цегляної стіни товщиною 510 мм з різними варіантами утеплення піносклом, включно з аналізом положення точки роси при внутрішньому та зовнішньому утепленні. У роботі вивчаються технології застосування піноскла як сучасного утеплювача для будівельних конструкцій, з урахуванням його фізико-

технічних властивостей, варіантів монтажу та ефективності в реальних умовах експлуатації.

Піноскло – це теплоізоляційний матеріал, що виробляється шляхом спікання склобою з додаванням газоутворювачів. У результаті утворюється легкий, пористий, але досить щільний матеріал зі склоподібною структурою. Він доступний у вигляді плит, блоків та гранул.

Основними властивостями піноскла є:

- Негорючість – матеріал абсолютно не підтримує горіння, що є критично важливим для протипожежної безпеки.

- Нетоксичність – не виділяє шкідливих речовин ні в нормальних умовах, ні при нагріванні.

- Стійкість до мікроорганізмів та гризунів.

- Довговічність – експлуатаційний термін понад 50 років.

- Паронепроникність – забезпечує бар'єр для проникнення вологи.

- Висока теплоізоляційна здатність – ефективно зберігає тепло.

- Висока водонепроникність, що підтверджується експериментом: після 10 днів замочування у підфарбованій воді фарба залишилася лише на поверхні, не проникнувши всередину.

Серед основних недоліків виділяють: механічну крихкість та високу вартість.

Однією з найважливіших переваг піноскла є його безпечна точка роси. Піноскло зберігає свою ефективність навіть тоді, коли точка роси розташовується всередині матеріалу [2]. Завдяки низькій паропроникності, матеріал не пропускає вологу вглиб конструкції, запобігаючи утворенню конденсату, грибку та корозії металевих елементів.

Розглянемо два основних способи теплоізоляції конструкцій із застосуванням піноскла. Зовнішнє утеплення – найбільш енергоефективний варіант, за якого точка роси зміщується до утеплювача, що сприяє збереженню сухого та теплого стану несучої стіни. Внутрішнє утеплення – доцільне у випадках, коли зовнішня теплоізоляція є технічно неможливою або забороненою, зокрема при реконструкції об'єктів культурної спадщини.

Розглянуто технологічні варіанти зовнішнього утеплення піносклом: із використанням додаткового опорного каркаса для монтажу блоків, фіксацією на дюбелях, а також із застосуванням блоків піноскла з поліпшеною адгезійною поверхнею, що забезпечує надійне зчеплення з оздоблювальними матеріалами. Технологія зовнішнього утеплення передбачає такі послідовні кроки: підготовка фасаду, монтаж плит піноскла на клейову основу, армування поверхні, фінішне оздоблення. Зовнішнє утеплення піносклом доцільно використовувати при новому будівництві, реконструкції фасадів, в умовах підвищеної вологості та температурних коливань, на об'єктах з підвищеними вимогами до вогнестійкості, екологічності та довговічності теплоізоляції.

При внутрішньому утепленні ідентифіковано проблему утворення містків холоду, зокрема в місцях контакту з конструктивними елементами. У роботі запропоновано вирішення цієї проблеми шляхом безперервного шару

утеплення та мінімізації механічних кріплень, які порушують ізоляцію. Технологія внутрішнього утеплення складається з підготовки поверхні стіни, нанесення гідроізоляції, клейового монтажу плит піноскла, армування та оздоблення. Сферами доцільного застосування внутрішнього утеплення піносклом є: фундаменти, цокольні та підвальні приміщення, історичні будівлі та утеплення покрівель.

Особливу увагу слід приділяти моделюванню температурного режиму та аналізу точки роси. У рамках нашого дослідження було змодельовано положення точки роси в цегляній стіні товщиною 510 мм з утепленням піносклом товщиною 50 мм. Результати демонструють, що без утеплення точка роси потрапляє всередину стіни і призводить до високої ймовірності утворення конденсату. При зовнішньому утепленні точка роси зміщується в сторону утеплювача, а при внутрішньому – зміщується в товщу піноскла, залишаючи цегляну стіну сухою. Це підтверджує ефективність такого утеплення при правильному підборі товщини та якості монтажу.

Отже, можемо зробити висновок, що піноскло – високоефективний, екологічний та довговічний утеплювач. Його доцільно використовувати, як для зовнішнього утеплення, так і для внутрішнього. Ефективність утеплення залежить від правильного моделювання температурного режиму та врахування положення точки роси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калінчак В., Орловська С., Черненко О. Фізика теплопровідності та експериментальні методи визначення коефіцієнту теплопровідності речовин. Одеса: ОНУ, 2012. 52 с.
2. Смоляр А., Мірошкіна І., Шульга Є. Дослідження ефективності внутрішнього утеплення стін будинків піносклом. 2020.

РОЛЬ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЛОГІСТИКИ У ЗМЕНШЕННІ ЕКОЛОГІЧНОГО СЛІДУ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

Вікторія Божанова, Олександра Омелич

*ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»,
УДУНТ,*

vyu7575@gmail.com, omelichkassandra@gmail.com

Будівельна галузь займає одну з провідних позицій серед секторів економіки за рівнем споживання природних ресурсів, енергії та обсягів утворення відходів. За даними міжнародних екологічних організацій, на будівництво припадає до 40% світового споживання сировини, до 30% загального обсягу викидів парникових газів, а також близько третини загального обсягу твердих відходів [1, 2, 3]. Зважаючи на стрімку урбанізацію, підвищення житлових потреб населення та глобальні кліматичні виклики, виникає об'єктивна необхідність перегляду існуючих підходів до організації будівельних процесів.

Традиційна логістика в будівництві базується на лінійній моделі споживання ресурсів, яку можна охарактеризувати як: «вилучення – виробництво – споживання – утилізація», що призводить до невідновного виснаження природних ресурсів, накопичення будівельних відходів та високого рівня викидів CO₂ на кожному етапі життєвого циклу об'єкта. Така модель не враховує можливості повторного використання, переробки або продовження життєвого циклу матеріалів і конструкцій.

Циркулярна логістика – логістична модель, яка забезпечує управління матеріальними потоками не лише на етапі постачання ресурсів для будівництва, а й у зворотному напрямку – під час демонтажу, збору, сортування, повторного використання, переробки та утилізації будівельних матеріалів. Її застосування дозволяє оптимізувати матеріальні потоки, скоротити втрати ресурсів, мінімізувати кількість відходів та знизити вуглецевий слід проєктів. Таким чином, циркулярна логістика виступає ключовим фактором екологізації будівельної діяльності, а її впровадження відповідає не лише екологічним, а й економічним інтересам учасників ринку. В табл. 1 виокремлено основні відмінності циркулярної та традиційної логістики.

До основних елементів циркулярної логістики в будівництві належать:

- збір та сортування будівельних відходів – формування логістичних каналів для вилучення цінних компонентів, таких як метал, деревина, бетон і т.п;
- організація зворотної логістики, побудова маршрутів та платформ для повернення матеріалів з об'єктів знесення або реконструкції;
- використання цифрових технологій для простежування матеріалів, оцінки їх залишкового ресурсу та прогнозування життєвого циклу;
- створення логістичних хабів і центрів переробки для зберігання, обробки та повторного розподілу матеріалів.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика концептуальних засад традиційної та циркулярної логістики

Критерій	Традиційна логістика	Циркулярна логістика
Орієнтація	Лінійна модель «постачання – споживання – утилізація»	Циклічна модель «постачання – споживання – повернення – повторне коло»
Облік зворотних потоків	Переважно ігноруються	Інтеграція зворотних логістичних процесів
Мета	Оптимізація витрат і часу доставки	Мінімізація екологічного сліду, замикання матеріального циклу
Управління відходами	Вивезення на полігони або спалювання	Повторне використання, вторинна переробка, ресайклінг
Роль на етапі демонтажу	Вивезення сміття	Аналіз компонентів для повторного застосування або переробки

Циркулярна логістика тісно пов'язана з екологістикою – напрямом, що охоплює всі логістичні процеси з урахуванням екологічної безпеки, мінімізації впливу на довкілля та зниження вуглецевого сліду. Обидві концепції мають спільні цілі, але циркулярна логістика акцентує увагу саме на повторному використанні та відновленні вартості матеріалів.

У контексті стратегії сталого розвитку, циркулярна логістика відповідає одразу кільком Цілям сталого розвитку ООН [4], зокрема:

- Ціль 11 «Сталий розвиток міст і громад»;
- Ціль 12 «Відповідальне споживання і виробництво»;
- Ціль 13 «Боротьба зі зміною клімату».

Таким чином, впровадження такої логістичної концепції в будівельній галузі є не лише технологічним нововведенням, а й стратегічним кроком до екологічної та економічної трансформації індустрії відповідно до глобальних викликів.

Оптимізація ланцюгів постачання через скорочення кількості зайвих поставок, зменшення логістичних витрат та інтеграцію локальних постачальників вторинної сировини; повторне використання будівельних матеріалів; реалізація принципу «just-in-time» у циркулярному форматі з урахуванням повторно використаних ресурсів (що запобігає надлишковим запасам і утворенню непотрібних залишків) – все це є механізмами зниження обсягів відходів та викидів CO₂. Ще одним важливим аналітичним інструментом для кількісної оцінки впливу будівельного проєкту на довкілля на всіх етапах його життєвого циклу: від видобутку сировини, виробництва матеріалів, будівництва, експлуатації до демонтажу та утилізації є Life Cycle Assessment. LCA дозволяє ідентифікувати фази будівництва з найбільшим екологічним слідом, порівняти сценарії: використання нових матеріалів чи вторинних, визначити «гарячі точки» в логістиці, де можна скоротити споживання енергії та викиди.

З інноваційних рішень на перетині будівництва та логістики слід виокремити BIM-технології, цифрові платформи циркулярної логістики та технології відстеження матеріалів. BIM-технології дозволяють створювати цифрову модель об'єкта з урахуванням матеріалів, їх обсягів, характеристик та джерел постачання; полегшують управління матеріальними потоками, облік залишків, планування повторного використання при реконструкції та підтримують розрахунок вуглецевого сліду й симуляцію LCA. До цифрових платформ циркулярної логістики можна віднести матеріальні банки – платформи для обміну або купівлі/продажу вторинних будівельних матеріалів та системи цифрового паспортування матеріалів, які містять дані про матеріал, його виробника, вміст вуглецю, термін служби, можливість повторного використання. Технології відстеження матеріалів (IoT, RFID) дають змогу стежити за рухом і станом будівельних матеріалів у реальному часі, зменшуючи втрати, надлишки та непотрібні перевезення.

Завдяки інтеграції циркулярної логістики з оцінкою життєвого циклу, цифровими технологіями та інноваційними методами управління ресурсами, будівельна галузь отримує потужні інструменти для зменшення екологічного сліду. Це не лише екологічно доцільно, але й економічно вигідно, оскільки дозволяє ефективно використовувати ресурси, знижувати витрати та створювати довготривалу цінність (табл. 2).

Таблиця 2

Основні переваги впровадження засад циркулярної логістики у будівельну сферу

Вигода	Сутність
<i>Економічні вигоди</i>	
Зниження витрат на матеріали	Використання вторинних матеріалів та оптимізація логістичних процесів дозволяють зменшити витрати на закупівлю нових ресурсів.
Підвищення ефективності ланцюгів постачання	Циркулярна логістика сприяє створенню більш стійких та гнучких ланцюгів постачання, що знижує ризики перебоїв та втрат.
Нові бізнес-моделі	Впровадження сервісних моделей, таких як «продукт як послуга», відкриває нові джерела доходу та підвищує конкурентоспроможність компаній.
<i>Екологічні вигоди</i>	
Скорочення викидів CO ₂	Повторне використання матеріалів та зменшення потреби у виробництві нових сприяє значному зниженню викидів парникових газів.
Зменшення обсягів відходів	Циркулярні підходи дозволяють зменшити кількість будівельних відходів, що потрапляють на полігони, сприяючи збереженню навколишнього середовища.
Раціональне використання ресурсів	Оптимізація використання матеріалів та енергії сприяє більш ефективному використанню природних ресурсів.

Попри очевидні екологічні та економічні переваги, реалізація циркулярної логістики у будівельній галузі стикається з низкою системних викликів, які уповільнюють або унеможливають її повноцінне впровадження. У багатьох країнах відсутні спеціалізовані нормативно-правові акти, які б регулювали повторне використання будівельних матеріалів, транспортування та зберігання вторинної сировини. Часто діють жорсткі будівельні стандарти, що ускладнюють використання матеріалів повторного обігу. Недостатня координація між державними органами та приватним сектором – відсутність міжвідомчої співпраці у сфері будівництва, екології, логістики та економіки значно гальмує впровадження цілісної політики циркулярності.

Окрім інституційних бар'єрів велика частка обмежень зумовлена такими технологічними викликами:

– Недостатній розвиток інфраструктури для циркулярної логістики – у більшості регіонів відсутні сортувальні станції, платформи для зберігання і переробки демонтованих матеріалів, а також логістичні хаби, адаптовані до зворотних потоків.

– Слабка інтеграція технологій RFID, IoT та BIM призводить до втрати цінної інформації про життєвий цикл матеріалів і ускладнює їх повторне використання.

– Часто будівельники не мають впевненості у якості повторно використаних ресурсів, оскільки відсутні сертифікаційні механізми, які б це гарантували.

Основними обмежуючими чинниками для українських підприємців постають економічні бар'єри. Перехід до циркулярної логістики потребує інвестицій у нове обладнання, цифрові платформи, навчання персоналу, аудит матеріалів – що є дуже значним викликом для малого та середнього бізнесу. Ще однією проблемою є низька економічна мотивація – у разі низьких цін на первинні ресурси повторне використання може бути економічно недоцільним. Брак фінансових стимулів (пільг, грантів, субсидій) також знижує інтерес до таких практик. Варто підкреслити наявність певних освітньо-культурних бар'єрів. Проєктанти, забудовники та логістичні оператори часто не мають достатніх знань про переваги та механізми циркулярної логістики. А вторинні матеріали часто сприймаються як «менш якісні» або «ризиковані», що гальмує попит на них.

Тож, для активізації впровадження циркулярної логістики у будівельному секторі необхідне створення сприятливого середовища, яке поєднує державну політику, освітні ініціативи, фінансову підтримку та цифрові інструменти. В цьому розрізі мова має йти, перш за все, про прийняття законодавчих норм, які чітко визначають статус та вимоги до повторного використаних будівельних матеріалів, запровадження економічних стимулів та обов'язкові вимоги до екологічного проєктування, які включають оцінку життєвого циклу та циркулярність як частину тендерних умов. Важливим є також і освітні зміни: розробка навчальних модулів для університетів, технічних коледжів та центрів підвищення кваліфікації; інформаційно-просвітницькі кампанії для представників будівельної галузі, архітекторів, інженерів, логістів; формування професійних стандартів і сертифікацій, які визнають кваліфікацію у сфері циркулярної логістики.

Попри численні виклики, Україна має сприятливі передумови для розвитку циркулярної логістики. Післявоєнна відбудова створює унікальну можливість одразу впроваджувати циркулярні принципи: демонтаж з максимальним вилученням повторно придатних матеріалів, планування будівництва з урахуванням життєвого циклу. Зростаючий інтерес інвесторів до ESG-підходів (екологічність, соціальна відповідальність, управління) стимулює будівельні компанії адаптувати сталу логістику як конкурентну перевагу. Активізація міжнародних партнерств та технічної допомоги відкриває доступ до фінансування інновацій, пілотних проєктів та експертного

супроводу. Розвиток цифрової інфраструктури та ІТ-сектору дозволяє швидко інтегрувати цифрові інструменти управління циркулярною логістикою у практику будівництва.

Циркулярна логістика виступає ключовим інструментом зниження екологічного сліду будівельних проєктів, забезпечуючи перехід від лінійної моделі споживання ресурсів до циклічної, яка орієнтована на ефективне використання матеріалів, мінімізацію відходів і скорочення викидів парникових газів. Завдяки інтеграції зворотних потоків, повторному використанню будівельних елементів, переробці та впровадженню цифрових рішень, циркулярна логістика не лише знижує екологічне навантаження, але й створює економічні вигоди для учасників будівельного ринку.

ЛІТЕРАТУРА

1. International Energy Agency. Buildings. URL: <https://www.iea.org/energy-system/buildings> (accessed: 01.05.2025).
2. United Nations Environment Programme. 2023 Global Status Report for Buildings and Construction. URL: <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction> (accessed: 01.05.2025).
3. PlanBe. Carbon footprint in the construction industry: Meaning, challenges and the future. URL: <https://planbe.eco/en/blog/carbon-footprint-in-the-construction-industry-meaning-challenges-and-the-future> (accessed: 01.05.2025).
4. Програма розвитку ООН в Україні. Цілі сталого розвитку. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku> (дата звернення: 02.05.2025).

СТАЛІ ПОСЕЛЕННЯ ЯК МОДЕЛЬ ПІСЛЯВОЄННОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Пантюхіна Олександра Юріївна

*Приазовський державний технічний університет,
pantiukhina_o_y@pstu.edu*

Україна сьогодні переживає один із найскладніших етапів своєї історії. Повномасштабна війна спричинила не лише глибоку гуманітарну кризу та втрати людських життів, але й масове руйнування житлової, транспортної та критичної інфраструктури, деградацію природного середовища, масштабне переміщення населення, а також розрив соціальних структур і локальних спільнот. Проте цей надзвичайно складний період створює унікальну можливість — не лише для фізичного відновлення країни, а й для переосмислення принципів просторового розвитку та моделі взаємодії людини з навколишнім середовищем.

Відбудова має стати не простим поверненням до попереднього стану, а якісною трансформацією середовища, у якому житиме наступне покоління. У цьому контексті концепція сталих поселень, реалізована на засадах зеленого будівництва, набуває ключового значення. Такий підхід передбачає не лише

інженерно-технічні рішення, орієнтовані на енергоефективність, використання місцевих і відновлюваних ресурсів, зниження вуглецевого сліду та інтеграцію природних систем, а й формування соціально згуртованих, екологічно свідомих і економічно стійких громад.

Ідеї сталого життя мають глибокі історичні корені. Ще на початку ХХ століття німецький рух *Lebensreform* виступав за повернення до природного способу життя: вегетаріанство, екологічне землеробство, мінімалізм. У 1970–1980-х роках, на хвилі глобального екологічного пробудження, інтерес до життя в гармонії з природою посилювався, і у 1978 році професор Джордж Ремсі вперше ввів термін «екопоселення», описуючи малі, самодостатні спільноти. Знаковим етапом стала публікація дослідження «*Ecovillages and Sustainable Communities*» [5] та проведення першої конференції екопоселень у Фіндгорні (Шотландія), де сьогодні функціонує одне з найбільших екопоселень у світі.

Екопоселення та *intentional communities* (спільноти, засновані на спільних цінностях) мають спільну мету — створення середовищ, де люди можуть жити в гармонії з природою та взаємодіяти в рамках економічної самодостатності. Вони також розвивають соціальну згуртованість і орієнтуються на сталий розвиток, який включає в себе використання відновлюваних джерел енергії, замкнених циклів ресурсів і сталих практик у житловому будівництві. Згідно з класифікацією Даусона [1], основними ознаками екопоселень є: приватна ініціатива, заснована на спільних цінностях; незалежність від централізованих систем ресурсопостачання; екологічне життя і мінімізація відходів; функціонування як майданчик для експериментів і навчання сталим практикам.

З початку 2000-х років термін «сталі поселення» замінив термін «екопоселення» в міжнародній термінології [4,7]. Це пов'язано з розширенням концепції сталого розвитку, де основним акцентом є інтеграція екологічних, соціальних та економічних аспектів у більш масштабні просторові стратегії — від малих громад до цілих міст. Сталі поселення орієнтуються на створення умов, які забезпечують довгострокову стійкість і здатність до адаптації до змінних соціальних, економічних і екологічних умов.

У рамках Європейської зеленої угоди [3] наголошено: «громадяни є і повинні залишатися рушійною силою переходу до сталого розвитку», чим підкреслюється важливість громадянської участі в переході до сталого розвитку, що передбачає не лише політичні ініціативи зверху, а й активну участь громадян у процесах планування та прийняття рішень. Це дозволяє забезпечити справедливість у доступі до ресурсів, а також включити голоси різних соціальних груп у прийняття рішень. Водночас справедливий перехід до сталого суспільства включає в себе також врахування: - розподільчої справедливості (хто отримує доступ до ресурсів), - процедурної справедливості (хто має голос у прийнятті рішень), - міжпоколінної відповідальності (яку планету ми залишимо наступним поколінням).

Стале поселення — це населений пункт (місто, село або мікрорайон), спроектований з урахуванням довготривалих екологічних, соціальних і

економічних потреб. Основою його функціонування є збалансоване використання ресурсів, мінімізація відходів і шкідливих викидів, висока енергоефективність, інтеграція природних компонентів у просторову структуру, а також забезпечення комфортного середовища для всіх соціальних груп. Важливу роль у формуванні таких поселень відіграють принципи зеленого будівництва [9], які передбачають застосування енергоефективних технологій, екологічно безпечних матеріалів, раціонального водокористування та стимулювання розвитку локальної економіки. У сукупності ці чинники сприяють створенню життєздатного середовища з мінімальним негативним впливом на довкілля та високим потенціалом до сталого розвитку.

Однією з перспективних моделей розвитку сталих поселень виступає концепція самодостатніх середовищ [2], яка набуває особливої актуальності в умовах післявоєнного відновлення територій. Самодостатнє середовище передбачає формування автономних екосистем, здатних самостійно забезпечувати всі базові потреби — енергію, воду, продукти харчування та ефективне управління відходами — без критичної залежності від зовнішньої інфраструктури. Основою таких систем є використання відновлюваних джерел енергії, замкнених циклів водопостачання, локального агровиробництва та біоорієнтованих технологій, що забезпечують екологічну рівновагу. Запровадження подібних підходів сприяє підвищенню екологічної та соціальної стійкості територій, зменшенню їхньої вразливості до кризових ситуацій і створенню умов для довготривалого сталого розвитку.

Незважаючи на різноманітність у масштабах, культурних та природно-кліматичних особливостях, більшість сталих поселень виконують роль "живих лабораторій", у межах яких тестуються інноваційні практики у сфері зеленого будівництва, циркулярної економіки та кліматично нейтрального способу життя [5], які можуть бути застосовані і в Україні.

До прикладів успішного функціонування сталих поселень, які можуть слугувати моделлю для відновлення українських громад, належать:

- The Farm (Теннессі, США) — одна з найстаріших екоспільнот у Північній Америці (від 1971 р.), яка функціонує на принципах ненасильства, вегетаріанства та колективного управління. Інфраструктура включає центр пермакультурної освіти, пологовий центр, школу, видавництво та неурядову організацію з міжнародного розвитку.

- Crystal Waters Eco Village (Квінсленд, Австралія) — перше в світі поселення, побудоване згідно з принципами пермакультури. Із 640 га території лише 20% зайнято під забудову, тоді як решта використовується під ліси, агроекологічні та рекреаційні проєкти. Поселення активно займається екологічною освітою та приймає туристів.

- EcoVillage Ithaca (Нью-Йорк, США) — приклад екологічного поселення з низьким рівнем вуглецевого сліду (близько 30% від середнього показника по США), що поєднує пасивні архітектурні рішення, локальне фермерство та згуртовані соціальні структури.

- Findhorn Ecovillage (Шотландія) — найбільша екоспільнота у Великій Британії, відзначена програмою ООН "UN Habitat Best Practice". Функціонує за моделлю «міста 20 хвилин», де основні потреби мешканців задовольняються в межах пішохідної доступності. Архітектура базується на принципах енергоефективності й використання природних матеріалів.

- Eco Truly Park (Перу) — екоспільнота, заснована на поєднанні духовно-мистецьких і екологічних принципів. Поселення активно впроваджує органічне землеробство на деградованих ґрунтах, функціонує як мистецький і туристичний центр та організовує міжнародні волонтерські програми.

Наведені приклади свідчать про здатність екопоселень не лише задовольняти базові потреби населення у ресурсоефективний спосіб, а й формувати сталі соціальні структури, сприяти розвитку освіти, залученню громад до процесів управління та покращенню іміджу регіону. Значна частина таких ініціатив входить до складу Глобальної мережі екопоселень (Global Ecovillage Network), що об'єднує подібні практики з усього світу, сприяє обміну досвідом і відповідає Цілям сталого розвитку ООН.

Для України така модель є надзвичайно актуальною. Вона відкриває можливості для екологічно та соціально орієнтованого відновлення зруйнованих територій [8], з урахуванням необхідності збереження природних ресурсів, відновлення місцевих екосистем та формування нових підходів до просторового планування. Такий підхід відповідає міжнародним принципам сталого розвитку [9] та дозволяє забезпечити довгострокову екологічну, соціальну та економічну стабільність на локальному рівні.

Сталі екопоселення можуть стати інноваційними платформами для реалізації принципів «зеленої» відбудови. Їх впровадження сприятиме не лише фізичному відновленню пошкоджених територій, а й реабілітації соціальної тканини через активне залучення внутрішньо переміщених осіб, ветеранів і місцевих мешканців до процесів колективного творення середовища. Застосування біокліматичних архітектурних рішень, систем водоощадження та безвідходного виробництва, розвиток зеленої інфраструктури та впровадження моделей управління, заснованих на принципах колективного прийняття рішень, створюють підґрунтя для довготривалого, стійкого та інклюзивного розвитку. Одночасно це сприяє локалізації економіки, розвитку малих виробництв і ремесел, зменшенню залежності від імпорту та централізації.

Ключові переваги впровадження моделей сталих екопоселень в Україні:

- Економічна ефективність — зниження витрат на експлуатацію житла та інфраструктури за рахунок енергоефективних і автономних рішень.

- Адаптивність до сучасних викликів — стійкість до змін клімату, енергетичних криз та міграційних процесів.

- Підвищення соціальної згуртованості — створення громадських просторів, що сприяють взаємодії, кооперації та солідарності між мешканцями.

- Посилення міжнародного іміджу — позиціонування України як прикладу інноваційного та екологічно орієнтованого підходу до післявоєнної відбудови.

Таким чином, післявоєнна відбудова України має шанс стати не лише технічним, а цивілізаційним проєктом.

Сталі поселення в концепції зеленого будівництва — це не тільки відповідь на сучасні виклики, а й спосіб гарантувати гідне, безпечне та екологічне майбутнє для наступних поколінь. Об'єднуючи міжнародний досвід, інноваційні технології та участь громад, Україна може стати прикладом для світу в тому, як з руїн виростає нова якість життя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dawson J. Ecovillages: New Frontiers for Sustainability. – Schumacher Briefing No. 12. – White River Junction, VT, USA : Chelsea Green Publishing, 2006.

2. Ecovillages around the World: 20 Regenerative Designs for Sustainable Communities / ed. by Frederica Miller. – Findhorn : Findhorn Press, 2018. - 176 p.

3. European Commission. The European Green Deal: Striving to Be the First Climate-Neutral Continent by 2050. – Brussels, 11 December 2019. – 24 с.

4. Hausknost D., Haas W., Hielscher S., Schäfer M., Leitner M., Kunze I., Mandl S. Investigating patterns of local climate governance: How low-carbon municipalities and intentional communities intervene in social practices // Environmental Policy and Governance. – 2018. – Vol. 28. – P. 371–382.

5. Gilman R., Gilman D. (eds.). Eco-villages and Sustainable Communities: A Report for Gaia Trust. – Bainbridge Island, WA : Context Institute, 1991.

6. Jackson H., Svensson K. (eds.). Ecovillage Millennium: News from the Global Ecovillage Network. – Naerum, Denmark : Gaia Trust, 2000.

7. Mare E. C. A Concise History of the Global Ecovillage Movement / E. C. Mare. – Autumn 2000. – Elisabeth's House : Village Design Institute, 2000.

8. UN-Habitat. People-Centered Post-Conflict Recovery and Reconstruction. – UN-Habitat, 2020. – 28 с.

9. World Green Building Council. Sustainable Reconstruction – The Opportunity in Crisis. – World Green Building Council, 2021.

ДО ОЦІНЮВАННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СОНЯЧИХ ПАНЕЛЕЙ ЯК ЕЛЕМЕНТА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Владислав Настоящий, Віктор Пашинський, Микола Пашинський

Центральноукраїнський національний технічний університет,

vanast52 @ukr.net

Зростаючий дефіцит енергетичних ресурсів спонукає до активнішого впровадження енергоефективних технологій, зокрема “зеленої” енергетики у будівництві. Одним із перспективних рішень є встановлення на дахах малоповерхових будинків сонячних панелей для часткового або повного

забезпечення їх електричною енергією. Як правило, орієнтація панелей та кути їх нахилу до горизонту визначаються конструкцією даху. Вимушена схема установки обумовлює необхідність оцінити їх здатність витримувати кліматичні навантаження в різних регіонах України, а також розробити рекомендації щодо максимальних розмірів панелей, які можна безпечно встановлювати.

Для електропостачання малоповерхових будівель використовують сонячні панелі, виготовлені з монокристалічного або полікристалічного кремнію. Незважаючи на різноманітність розмірів та електричних параметрів, усі вони мають подібну конструкцію: фотоелементи розміщені між двома шарами загартованого скла [1, 2].

Аналіз асортименту сонячних панелей, представлений на українському ринку, показує значну різноманітність моделей, що доступні в інтернет-магазинах. Згідно з даними деяких торгівельних платформ [3, 4], більшість панелей, які використовуються при встановленні сонячних електростанцій, мають ширину в межах 65–130 см, а довжину — від 99 до 239 см. Менш габаритні моделі, зазначені в джерелі [4], зазвичай призначені для живлення невеликих автономних пристроїв, таких як вуличні світильники, світлофори чи дорожні інформаційні табло.

Сонячні панелі, змонтовані на металевому каркасі, можуть розглядатися як плити, що обперті по контуру та працюють на згин. Для визначення несучої здатності враховувались навантаження, запозичені з наступних джерел:

Власна вага панелей — відповідно до технічних характеристик, наведених у документації виробників [3, 4], а також на офіційних інтернет-ресурсах.

Кліматичні навантаження — відповідно до норм ДБН В.1.2-2:2006 [5], повинні включати:

- 1) снігове навантаження;
- 2) вітровий тиск;
- 3) навантаження від ожеледі в поєднанні з вітром.

Розрахунок зусиль та прогинів панелі здійснювався на підставі таблиць коефіцієнтів [6], що враховують відношення довжини до ширини панелі. Найменші зусилля виникають у квадратних панелях. Якщо довжина панелі перевищує її ширину більш, ніж удвічі, панель слід розглядати як балку на двох шарнірних опорах з прольотом, рівним ширині панелі.

Оцінка міцності та деформацій сонячних панелей проводилась, спираючись на загальні принципи опору матеріалів і розрахункові методи для пластинчастих конструкцій [6]. Механічні характеристики скла запозичені з [7].

Наразі в нормативній базі України та довідкових матеріалах відсутні конкретні вказівки щодо розрахунку сонячних панелей, що зумовлює потребу в створенні простої інженерної методики для визначення їх несучої здатності з урахуванням вимог до міцності та жорсткості.

У якості вихідних даних та передумов розрахунку враховано наступне:

Сонячні панелі змонтовано на металеві каркаси, які встановлюються паралельно до поверхні скатної покрівлі. З урахуванням можливості їх розміщення на дахах мансардного типу, у розрахунках несучої здатності панелей були розглянуті кути нахилу до горизонту в межах $15^\circ \dots 75^\circ$.

Аналіз типових панелей за [3, 4] показав, що співвідношення довжини до ширини варіюється в межах $1,4 \dots 2,0$, а ширина панелей становить $65 \dots 130$ см.

Згідно з даними [7], для розрахунків прийнято, що розрахунковий опір загартованого скла дорівнює $R = 35$ МПа, а модуль пружності $E = 70$ ГПа.

Навантаження на сонячні панелі, що змонтовані на дахах будівель, розраховувались наступним чином:

Характеристичне значення навантаження від власної ваги панелі згідно з [3, 4], становить $98 \dots 125$ Па. З огляду на невеликий розкид цих значень, з урахуванням коефіцієнта надійності $\gamma_{fmp} = 1,1$ за [10], для подальших розрахунків прийнято:

- експлуатаційне розрахункове навантаження: $p_e = 125$ Па,
- граничне розрахункове значення: $p_m = 138$ Па.

Кліматичні навантаження визначені для м. Кропивницький згідно з ДБН [5] із врахуванням конструктивних особливостей та строку експлуатації 100 років наведено в таблиці:

Таблиця 1

Кліматичні навантаження для м. Кропивницький

Тип навантаження	Характеристичне значення	Коефіцієнти надійності
Вага снігового покриву	$S_0 = 1230$ Па,	$\gamma_{fms} = 1,14$, $\gamma_{fes} = 0,49$
Максимальний тиск вітру	$W_0 = 410$ Па	$\gamma_{fmw} = 1,14$, $\gamma_{few} = 0,21$
Тиск вітру при ожеледі	$W_B = 210$ Па,	$\gamma_{fmwg} = 1,16$
Товщина стінки ожеледі	$b = 22$ мм,	$\gamma_{fmg} = 1,16$.

Оскільки сонячна панель складається з двох шарів загартованого скла, між якими розміщені фотоелементи, її конструкцію можна наближено представити у вигляді двох плит, які працюють на згин незалежно одна від одної та сприймають половину діючого навантаження кожна. При цьому враховане рівномірно розподілене навантаження, яке діє перпендикулярно до площини панелі, нахиленої під кутом α до горизонту. Розглянуті два сполучення навантажень, що відповідають вимогам ДБН [5]. Розрахунок плит, шарнірно обпертих по контуру, виконано з використанням коефіцієнтів, наведених в [6] та в інших джерелах.

У результаті досліджень отримані робочі формули для обчислення навантажень, перевірки міцності та жорсткості, а також визначення допустимого за критеріями міцності та жорсткості прольоту сонячних панелей, встановлених на покрівлях малоповерхових будівель під різними

кутами до горизонту. Показано, що в умовах м. Кропивницький перевірку міцності завжди слід виконувати на комбінацію навантажень від власної ваги панелі, снігу та вітру. Перевірку жорсткості при невеликих кутах нахилу панелі слід здійснювати на цю ж комбінацію навантажень, а при кутах понад 42° вирішальним стає ожеледно-вітрове навантаження.

Допустимий проліт (менший розмір) сонячної панелі зростає при збільшенні кута нахилу до горизонту та при наближенні відношення розмірів сторін панелі до одиниці. Для панелей з обшивками із загартованого скла товщиною 3 мм проліт становить 0,68...1,36 м. В усіх розрахункових випадках в умовах м. Кропивницький вирішальною є умова жорсткості.

Економічний ефект полягає у тому, що за даними [3, 4] встановлення на скатній покрівлі 7 м^2 сонячних панелей забезпечує потужність близько 1 кВт для енергопостачання будинку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сонячна панель. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сонячна_панель (дата звернення: 14.04.2025 р.)
2. Сонячна батарея - будова і принцип роботи. URL: <https://prel.prom.ua/ua/a315870-sonyachna-batareya-budova.html> (дата звернення: 14.04.2025 р.)
3. ECO TECH UKRAINE. Сонячна енергетика, енергоефективні технології. Продаж, будівництво, сервіс. URL: <https://eco-tech.com.ua/ua/g11422607-solnechnye-batarei-paneli> (дата звернення: 14.04.2025р.)
4. Solar-Tech. Альтернативні джерела енергії. Продаж, установка, обслуговування. URL: <https://solar-tech.com.ua/ua/solar-electricity/solar-panels/> (дата звернення: 14.04.2025 р.)
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі зміною №1 і №2. К.: Мінбуд України, 2020. 68 с.
6. Тексти лекцій з дисциплін «Будівельні конструкції (залізобетонні конструкції)», «Будівельні конструкції» та «Залізобетонні конструкції» / О. М. Шаповалов, О. М. Пустовойтова, Н. О. Псурцева, О. Ю. Кулаков; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова – Х.: ХНУМГ, 2013. – 82 с.
7. Міцність скла. Несуча здатність. Розрахунок на міцність. Допустимі напруження при згині. URL: <https://okna.ua/ua/library/art-mitsnist-skla-nesucha-zdatnist> (дата звернення: 14.04.2025 р.)

**ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОРЯДКУ ПРИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ
ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**
Віктор Пашинський, Владислав Настоящий, Микола Пашинський
Центральноукраїнський національний технічний університет,
pva.kntu@gmail.com

Одним з найважливіших показників огорожувальних конструкцій, від якого залежать витрати тепла на опалення та економія енергоресурсів, є опір теплопередачі. Вимоги до опору теплопередачі встановлені в ДБН В.2.6-31:2021 [1] залежно від виду огороження та належності будівлі до однієї з двох температурних зон України. В [2] показано, що вибір опору теплопередачі, обмежений усього двома температурними зонами, призводить до великого територіального розкиду значень річних втрат тепла через огороження та спонукає до диференціації опору теплопередачі залежно від кліматичних умов території. Викладена нижче методика визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій базується на результатах раніше виконаних досліджень, у результаті яких:

- розроблена імовірнісна модель для подання температури атмосферного повітря у формі квазістаціонарного випадкового процесу та отримані статистичні характеристики температури повітря для понад 400 пунктів спостереження України [3];
- розроблена методика адміністративно-територіального районування параметрів кліматичних навантажень і впливів, згідно з якою для кожної адміністративної області України встановлюється обласне розрахункове значення кожного параметра [4];
- встановлено, що при проєктуванні огорожувальних конструкцій за ДБН [1] втрати тепла через них мають значний розкид навіть у межах однієї температурної зони [2];
- виявлене істотне зростання втрат тепла через огороження з ростом висоти над рівнем моря та необхідність відповідного збільшення опору теплопередачі, а також встановлені значення коефіцієнтів географічної висоти, які враховують це явище [5];
- розроблена методика визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій та кількістю градусо-днів опалювального періоду з урахуванням допустимих втрат тепла та виконане адміністративно-територіальне районування України (рис. 1) за кількістю градусо-днів [6].

Отримані результати дозволяють запропонувати викладену нижче послідовність визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

1. Залежно від призначення будівлі та виду огорожувальної конструкції встановити допустиме значення річних втрат тепла через $1 \text{ м}^2 Q_0$ у мегакалоріях.

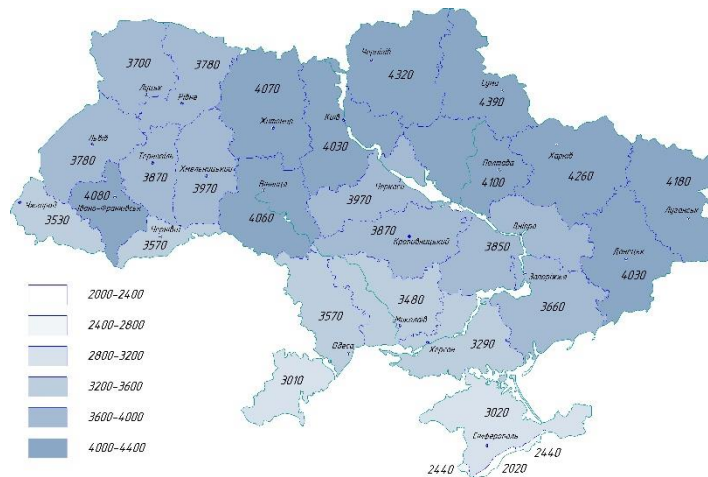


Рисунок 1. Територіальне районування України за кількістю градусо-днів опалювального періоду G_{20}

1. Встановити належність будівлі до певної адміністративної області України та за таблицею чи картою з роботи [6], наведеною на рисунку 1, визначити кількість градусо-днів опалювального періоду G_{20} при температурі внутрішнього повітря $+20^{\circ}\text{C}$.
2. За таблицею Б.2 ДБН [1] визначити розрахункове значення температури внутрішнього повітря в приміщенні θ_{IN} .
3. За формулою з [6] обчислити значення необхідного опору теплопередачі огороження

$$R_0 = \frac{[1 + 0,034 \times (\theta_{IN} - 20)] \times G_{20} + 57,1 \times (\theta_{in} - 20)}{48,5 \times Q_0} \quad (1)$$

4. При проектуванні для умов гірської місцевості з висотою над рівнем моря понад 400 м відкоригувати отримане значення необхідного опору теплопередачі шляхом множення на коефіцієнт географічної висоти з роботи [5], рівний:

$$C_H = 1 \text{ при } H \leq 400 \text{ м; } C_H = 1 + 0,02\sqrt{H - 400} \text{ при } H > 400 \text{ м.} \quad (2)$$

5. За вказівками, формулами та довідковими даними ДСТУ [7] вибрати товщину утеплення, яка разом з іншими конструктивними шарами огороження забезпечує встановлене значення опору теплопередачі (1).

Ефективність розробленої методики визначення необхідного опору теплопередачі проаналізована на прикладі проектування стін цивільних будівель. При проектуванні за ДБН [1] мінімально необхідні значення опору теплопередачі стін у різних регіонах України відрізняються лише на 14%, а різниці втрат тепла через ці стіни в різних регіонах сягають 89%. При проектуванні за запропонованою методикою значення необхідного опору теплопередачі стін в різних регіонах України можуть відрізнятися у 2,2 рази, а різниці втрат тепла не перевищують 20%.

Таким чином, запропонована методика забезпечує диференціацію необхідного опору теплопередачі та вирівнювання втрат тепла через огорожувальні конструкції на території України. Нерозв'язаним питанням залишається нормування допустимих втрат тепла через огороження. Цю

проблему планується вирішити на базі нормативних документів [8, 9], розподіливши вказані в них приведені витрати на опалення між огорожувальними конструкціями

Список літератури

1. ДБН В.2.6-31:2021. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. К., 2022, 23 с.
2. Пашинський В.А., Настоящий В.А., Пашинський М.В., Богатирьов Д.В. Вплив підвищення нормативних вимог на рівень теплової надійності та втрати тепла через стіни й покриття житлових і громадських будівель. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 9 (40), ч. 1. Кропивницький: ЦНТУ, 2024. С. 64-74. Режим доступу: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.64-74](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.64-74)
3. Пашинський В.А., Пушкар Н.В., Карюк А.М. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель. Одеса: ОДАБА, 2012, 180 с.
4. Пашинський В.А. Методика адміністративно-територіального районування кліматичних навантажень на будівельні конструкції. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Рівне, випуск 32, 2016. С. 387–393.
5. Пашинський В.А., Настоящий В.А., Пашинський М.В., Карпушин С.О. Урахування географічної висоти при проектуванні огорожувальних конструкцій у гірській місцевості. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : Збірник наукових праць. Рівне, 2024, випуск 45. С. 214-222. Режим доступу: <https://bud.nuwm.edu.ua/index.php/budres/article/view/588/595>
6. Пашинський В.А. Розвиток методики визначення необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій/ В.А. Пашинський, М.В. Пашинський, Т.В. Фоміна // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві : Збірник наукових праць. Випуск 22. – Луцьк: ЛНТУ, 2024. – С. 161-171. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-12\(22\)-16](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-12(22)-16)
7. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 60 с. Режим доступу: <https://eurobud.ua/wp-content/uploads/2023/05/dstu-9191-2022-teploizolyacziya-budivel-metod-vyboru-teploizolyaczijnogo-materialu-dlya-uteplennya-budivel.pdf>
8. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. ДП «УкрНДНЦ», 2022, 132 с.
9. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 27.10.2020 № 260.

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГОГЕНЕРАЦІЇ ЯК КЛЮЧОВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Віталій Плоский, Олексій Забаріло, Юлія Коротких, Павло Забаріло

Київський національний університет будівництва і архітектури,

ploskyi.vo@knuba.edu.ua, zabarylo.ov@knuba.edu.ua

korotkykh.iua@knuba.edu.ua, zabarylo_po-2023@knuba.edu.ua

Енергетична незалежність є пріоритетом для розвитку як української економіки, так і країни в цілому, але водночас виклики національній безпеці ставлять під загрозу плани поступового впровадження відповідних ініціатив. Енергетичний сектор є одним з ключових секторів національної економіки, а безперебійне та ефективне енергопостачання має безпосередній вплив на економічне зростання. Економіка України, незважаючи на зрушення у правильному напрямку, все ще відчуває значну залежність від імпорту енергоносіїв, не кажучи вже про проблеми надмірного забруднення навколишнього середовища через використання застарілого виробничого обладнання, тому впровадження нової, диверсифікованої енергетичної системи стає все більш важливим завданням.

Енергетична диверсифікація означає використання різних джерел енергії, постачальників і маршрутів, щоб зменшити залежність від одного ресурсу або постачальника. Країна, яка диверсифікує свою енергомережу, захищає себе від енергетичних перебоїв і зміцнює свою енергетичну безпеку. Серед безперечних переваг диверсифікованої енергетичної системи є наступні аспекти:

- Політична незалежність: Розподіл енергетичних потреб між різними постачальниками дозволяє країні-імпортеру зменшити свою залежність від одного постачальника і зміцнити свою незалежність у світовій політиці.

- Економічне зростання: Енергетична диверсифікація сприяє економічному зростанню. Отримання енергії з різних джерел і постачальників захищає країну-імпортера від енергетичних перебоїв, коли одне джерело або постачальник не може або не хоче задовольнити попит.

- Захист навколишнього середовища: Розвиток відновлюваних ресурсів, таких як сонячна та вітрова енергетика, зменшує загрозу дефіциту енергії. Інвестиції у відновлювану енергетику також стимулюють інновації та зростання зайнятості.

Ключовим компонентом енергетичної диверсифікації сьогодні є активне використання альтернативних джерел енергії. Прикладом реалізації такого підходу є те, що Європейський Союз протягом десятиліть планомірно переходив на відновлювані джерела енергії та диверсифікував своїх постачальників природного газу, щоб зменшити майбутню залежність від одного імпортера у випадку перебоїв або політичних конфліктів та підвищити енергетичну безпеку регіону. Повномасштабне вторгнення у 2022 році лише посилює пріоритети Європи щодо енергетичної безпеки та диверсифікації. Якщо говорити про більш актуальні ініціативи, то в лютому 2023 року

Європейська Комісія опублікувала "Промисловий план Зеленого курсу", спрямований на підвищення довгострокової конкурентоспроможності європейської промисловості з нульовими викидами та сприяння переходу до кліматичної нейтральності; в рамках цієї стратегії в травні 2024 року був прийнятий Закон про критичну сировину (Critical Raw Materials Act - CRMA), спрямований на підвищення стійкості ланцюгів постачання критичних мінералів в ЄС та зменшення залежності від третіх країн щодо критичної сировини, необхідної для "зеленого" переходу[1]. Наприклад, у січні-червні 2024 року вітрові турбіни та сонячні панелі вперше стали основним джерелом енергії в Європі (рис. 1), обігнавши традиційні джерела енергії (газ, вугілля та нафту). За оцінками експертів кліматичного аналітичного центру Ember, їхня частка становить 50%, беручи до уваги інші відновлювані джерела енергії, такі як гідроенергетика. Стратегії країн щодо досягнення кліматичних цілей та дотримання законодавства до 2030 року визначатимуть роль традиційних та чистих енергетичних технологій в Європі. Експерти прогнозують, що загальне споживання енергії в ЄС залишиться відносно незмінним протягом наступних трьох десятиліть. За оцінками Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), до 2040 року попит на електроенергію в ЄС зросте на 12-26%.

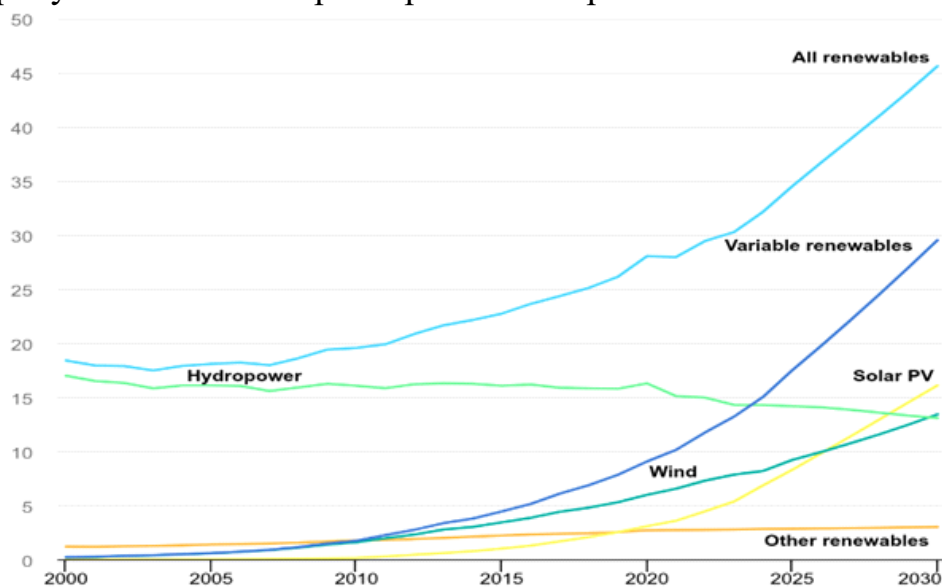


Рис 1. Частка виробництва електроенергії з відновлюваних джерел у ЄС, 2000-2030[2]

До повномасштабного вторгнення найважливішим аспектом альтернативних джерел енергії була її чистота та екологічність - на відміну від теплових електростанцій, сонячні, вітрові та гідроелектростанції майже не виробляють викидів парникових газів. Тим паче у сучасних умовах, на тлі відмови від імпортованих енергоносіїв, використання відновлюваних джерел енергії є життєво необхідною альтернативою викопним видам палива, оскільки може покрити значну частину енергоспоживання і має великий потенціал для розвитку. Для України вкрай важливо збільшити інвестиції у широкомасштабне розгортання децентралізованих відновлюваних джерел

енергії, враховуючи, що більше 40% енергетичної інфраструктури було пошкоджено внаслідок бойових дій, і ця тенденція навряд чи зміниться в найближчому майбутньому. Київська школа економіки оцінює прямі втрати в електроенергетиці внаслідок російських атак у 56,2 млрд доларів США[3]. Економічний потенціал для розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні залишається досить значним - великі площі неосвоєних територій, географічне та природне різноманіття створюють дуже сприятливі умови для подальшої диверсифікації структури джерел генерації енергії[4].

Диверсифікація в енергетичному секторі України має здійснюватися відповідно до європейських стандартів, принципів і норм, враховуючи тісний взаємозв'язок між диверсифікацією природних енергетичних ресурсів, маршрутів їх постачання тощо, та рівнем енергетичної безпеки країни[5].

Нинішня війна суттєво вплинула як на енергетичну безпеку Європейського Союзу, так і на його політику в цій сфері через втрату традиційних джерел постачання енергоресурсів. У відповідь на ці виклики ЄС розробив амбітні ініціативи "RePowerEU" (рис. 2) та "Fit for 55", спрямовані на прискорення енергетичного переходу та зменшення залежності від викопних видів палива, а Україна, інтегрувавшись до енергетичної системи ЄС, може стати важливим постачальником "зеленої" енергії та зробити внесок у диверсифікацію джерел енергопостачання для ЄС[6].

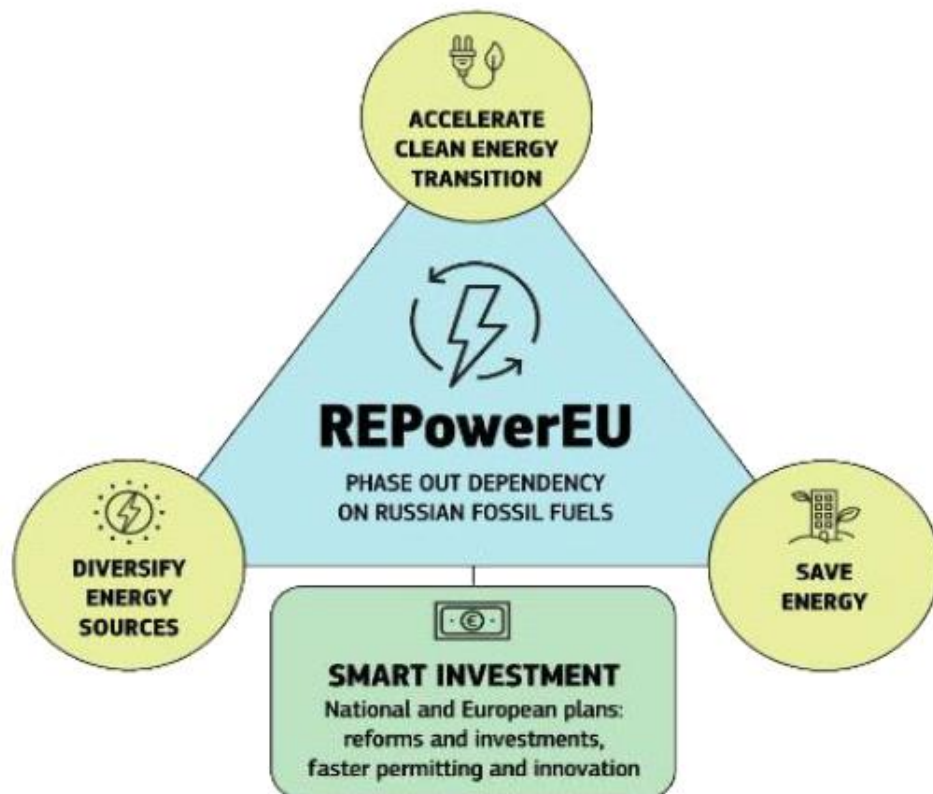


Рис 2. Підсумки плану REPowerEU

Найбільш перспективними для розвитку в Україні є такі види відновлюваної енергетики: сонячна енергетика, вітрова енергетика, енергія

малих річок, геотермальна енергетика та енергія біомаси[7]. Ефективна диверсифікація ресурсів та шляхів їх отримання в енергетичному секторі допоможе йому вийти на якісно вищий рівень функціонування і, відповідно, зменшити енергетичні ризики, підвищити прибутковість тощо.

Україна має багатообіцяючий потенціал відновлюваних джерел енергії (табл. 1), маючи величезні території з різними умовами, незважаючи на те, що повномасштабне вторгнення створює великі виклики на шляху до енергетичної трансформації. Тим не менш, рекомендується розвивати сектор альтернативної енергетики з метою диверсифікації виробництва електроенергії в нашій країні та зміцнення енергетичної безпеки і незалежності, що останніми роками стає все більш актуальним для нашого процвітання. Такий підхід забезпечить прийнятну альтернативу імпортом викопним видам палива, що збігається з нинішньою державною політикою та євроінтеграційними процесами.

Таблиця 1

SWOT-аналіз впровадження альтернативних джерел енергії в Україні

<u>Сильні сторони:</u> - Багаті природні ресурси - Зростання інтересу до зеленої енергетики - Кваліфіковані фахівці	<u>Можливості:</u> - Європейська інтеграція - Зростання світового ринку - Підвищення енергетичної безпеки
<u>Слабкі місця:</u> - Обмежене фінансування - Стара інфраструктура - Регуляторні бар'єри	<u>Погрози:</u> - Політична та військова нестабільність - Конкуренція з традиційними джерелами енергії - Зміна клімату

Варто також відзначити тенденцію останніх місяців щодо використання інфраструктури газосховищ, які раніше використовувалися для зберігання імпортованого природного газу з російських родовищ, для накопичення біометану. У синергії з останніми дослідженнями, наприклад, американського стартапу Quino Energy щодо перетворення нафтових резервуарів на кластер проточних батарей, цей напрямок виглядає більш ніж перспективним[8], а використання існуючого обладнання, адаптованого до нових реалій, допоможе знизити витрати та сприятиме розвитку цього напрямку зеленої енергетики, що, в свою чергу, тільки посилить курс на енергетичну диверсифікацію. Але для підвищення ефективності існує потреба в подальших дослідженнях, спрямованих на вдосконалення процесу управління джерелами генерації енергії. Для поступового впровадження диверсифікованої системи енергопостачання слід розглянути наступні кроки:

- Створити правову базу для енергетичної політики, яка б приваблювала інвестиції, заохочувала підприємництво та інновації, а також обмежувала неефективність та марнотратство.

- Налагодити партнерство із приватним сектором для локалізувння та розвитку альтернативних джерел енергії.
- Співпрацювати із експертами для визначення найкращого поєднання доступних внутрішніх та зовнішніх джерел енергії.
- Співпрацювати з міжнародною спільнотою для впровадження та забезпечення дотримання екологічних стандартів, пов'язаних з розвідкою та видобутком енергоносіїв.
- Розробити комплекс рекомендацій, зокрема із залученням новітніх інформаційних технологій.

Ключовим елементом сприяння розвитку "зеленої" енергетики є впровадження відповідної моделі раціонального розподілу джерел генерації енергії із застосуванням новітніх інформаційних технологій. Вже існуючі інструменти, такі як багатошаровий перцептрон (MLP), використовуються в енергетиці для вирішення різних завдань, таких як створення моделі енергоспоживання, прогнозування потреб в енергії в різних умовах та оптимізація енергетичної системи в цілому, але вони потребують певних коригувань та подальших досліджень для ефективного використання для диверсифікованих систем з великою залежністю від альтернативних джерел енергії[9].

ЛІТЕРАТУРА

1. Покришка Д. С. Огляд стратегічних документів. Європейського Союзу у сфері економічної безпеки : аналіт. огляд. Київ : НІСД, 2024, ст. 41
2. IEA, Share of renewable electricity generation by technology, 2000-2030., URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-renewable-electricity-generation-by-technology-2000-2030>
3. Збитки та втрати енергетичного сектору України внаслідок повномасштабного вторгнення Росії перевищили \$56 млрд — оцінка KSE Institute станом на травень 2024 року., URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zbitki-ta-vtrati-energetichnogo-sektoru-ukrayini-vnaslidok-povnomasshtabnogo-vtorgnennya-rosiyi-perevishhili-56-mlrd-otsinka-kse-institute-stanom-na-traven-2024-roku>.
4. Плоский В.О., Забарилло П.О., Поточний стан потенціалу альтернативної енергетики України. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction», 2024, ст. 118-122
5. Sotnyk I.M., Kulyk L.A., Energy efficiency in Ukraine: new challenges and major barriers to its implementation., International Journal of New Economics and Social Sciences. №2(4)., 2016, ст. 162-173
6. Костюченко Я.М., Роль ЄС у забезпеченні енергетичної безпеки України., Науковий Вісник Ужгородського Національного Університету, №85., 2024, ст. 270-276
7. Кудря С.О., Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України., Київ: Інститут відновлювальної енергетики НАН., 2024, ст. 392.

8. Андрусак А.А., Нафтові резервуари стануть батареями для "зеленої" енергії: деталі нового проєкту., Focus.UA., 2024, URL: <https://focus.ua/uk/digital/685329-zberigannya-energiji-naftovi-rezervuari-stanut-batareyami>

9. Zabarylo P.O., Zabarylo O.V., Korotkykh J.A., Application of neural networks for the optimization in using of alternative energy sources processes., Proceedings of XIX international conference on modern achievements of science and education., 2024, p. 72-75 URL: <https://elar.khmnmu.edu.ua/handle/123456789/16892>

ПРОЄКТ БУДІВНИЦТВА БУДИНОЧКА ДЛЯ УЧНІВ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНИМИ ПОТРЕБАМИ: ІНКЛЮЗИВНА ОСВІТА

Романенко Олександр Володимирович

кандидат педагогічних наук, доцент

*...аутизм всеосяжний: він визначає кожну подію,
кожне почуття, кожну думку і кожний аспект існування*

Дж.Сінклер

В Україні більше 100 тисяч дітей з аутизмом, хоча згідно з офіційними даними, їх лише 3 тисячі. Сильні сторони у дітей з аутизмом, зорове сприйняття і механічна пам'ять, увага до деталей. Розлади аутистичного спектра (РАС) стан, який виникає внаслідок порушення розвитку головного мозку.

Дослідженнями інклюзивної, корекційної педагогіки займалися (В. Бондар [1], Л. Виготський, І. Єременко, О. Лурія, В. Синьов [2], Н.Байкіна, Б. Сермеєв, Кобернік Г.М. [3], Н. Стадненко та ін.). Аутистичного контексту (Б. Рімланд, Л. Каннер, Е. Блейлер, Г. Аспергер, Н. Шубертій, Д. Чабан, Я. Віхляєв, К. Островська, Т. Скрипник, В. Тарасун, Д. Шульженко, Е. Schopler, В. Mesibov [4], К. Kosinski [5], Т. Скрипник [6], Дж. Айрес [7], та ін.

За визначенням В.М. Синьова, корекційне виховання – це «виховання якостей особистості засобами пізнавальної, трудової, естетичної діяльності, що дозволяє їй адаптуватися в соціальному середовищі». Формуючи пізнавальну активність дітей із аутизмом треба, насамперед, зосереджувати їхню увагу на тому, що вони можуть виконувати.

Діти з аутизмом можуть і мають продуктивно розвиватися і повноцінно навчатися, бути вихованими, слухняними і старанними. Тільки треба допомогти розкрити їхні ресурси, створивши спочатку фундамент їх розвитку [6, с. 8].

Аутизм не є вироком. Без перебільшення можна сказати, що аутичні люди можуть жити абсолютно щасливим і повним життям. Навіть серед дуже відомих, видатних і геніальних особистостей є люди з аутизмом.

Наприклад, Альберт Ейнштейн насилу вступав в контакт з іншими людьми. Він погано вчився в школі, відчував труднощі у вираженні думок.

Майбутній вчений свого часу не міг знайти роботу, тому що не любив спілкуватися з людьми і не міг терпіти дотики.

Моцарту, як і багатьом аутистам, була властива відсутність міміки. Були стереотипні рухи руками і ногами. Музикант володів надчутливим слухом, занадто різкі та гучні звуки викликав больові відчуття. У Моцарта часто змінювалося настрій. Але це не завадило йому стати видатним композитором.

Історичні факти говорять про те, що Чарльз Дарвін був аутистом. Він рідко зустрічався з людьми, любив бувати на самоті. Контакт з іншими він підтримував за допомогою писання. Він колекціонував різні предмети. Але все це не завадило йому стати геніальною людиною і створити еволюційне вчення, якого дехто дотримується досі.

Томас Джефферсон – колишній президент Сполучених Штатів Америки жив з аутизмом. Він не був адаптований до соціальних контактів, йому ледве вдавалося спілкуватися з людьми, погано виступав перед аудиторією, для нього це було важко. Його дратували гучні звуки.

Сер Ентоні Хопкінс - британський актор, композитор і художник, володар «Оскара». Він має синдром Аспергера, має труднощі з встановленням нових стосунків, погано сприймає зміни та навпаки одержимо захоплюється різними областями.

Сам Хопкінс вважає, що його хвороба допомагає йому в роботі - він має ідеальну пам'ять, може запам'ятати 7 сторінок сценарію. Але нагадує, що над будь-яким талантом треба працювати.

Відомий кінорежисер, що входить в число найбільших і найвпливовіших режисерів в історії кіно, Стенлі Кубрик страждав аутистичним розладом. У нього був синдром Аспергера. На знімальному майданчику він часто поведився грубо, зациклювався на дрібницях.

Відома активістка Грета Тунберг розповіла, що має синдром Аспергера, тому її поведінка може відрізнятись від загальноприйнятої. Але це і є її надсила, яка дає їй стійкість та наполегливість.

Ден Ейкرويد – американо-канадський актор, комік, музикант, режисер і бізнесмен, номінант Academy Award та премії Emmi. У ранньому дитинстві лікар діагностував у нього помірний синдром Аспергера. Він часто говорив, що синдром Аспергера ідеально підходить для фільму «Мисливці за привидами», тому що він був одержимий примарами і правоохоронними органами. В цьому немає нічого дивного, тому що синдром Аспергера може змусити людину зосередитися на обмеженій кількості інтересів. [6].

Численними дослідженнями (Akalin, S., Sucuoglu B., 2015; Corps P., 2008; Stronge J.H., Tucker P.D., 2004; Wong H.K., Wong R.T., 2009, 2014) доведено, що ретельно продумане та спеціально організоване ресурсна кімната впливає на формування особистісних та соціальних якостей дітей з особливими освітніми потребами у цілому та на зміст, форму та продуктивність їхньої освітньої діяльності зокрема

Саме ресурсна кімната, окрема, спеціально облаштована кімната для дітей з особливими освітніми потребами, де відбувається навчання за

індивідуальним планом розвитку у супроводі корекційного педагога, вчителя дефектолога та психологічна і фізична адаптація дітей з інвалідністю. Основне її призначення це створення комфортного простору для організації процесу навчання дітей з особливими освітніми потребами на основі застосування особистісно-орієнтованих методів навчання.

Враховуючи потенціал дітей аутистів, пропонуємо на розгляд приклад будиночка, як основу майбутнього проекту/модернізації з використанням новітніх технологій. Обдарована дитина аутист школи №321, «майбутній відомий архітектор» обрала саме цей архітектурний зразок шість років тому, (Рис. 1, 2) і сьогодні вподобає цей будиночок, як улюблений об'єкт дослідження.



Рис. 1. Архітектурний зразок



Рис. 2. Архітектурний зразок (композиція)

Інклюзивне освітнє середовища як спланований і організований фізичний простір, у якому діти мають безпечно пересуватися під час індивідуальних занять, це наявність сприятливого соціального та емоційного клімату, створення умов для спільної роботи дітей, надання їм допомоги.

Унаслідок творчої співпраці батьків, вчителів дефектологів та дітей аутистів з'являється вміння нестандартно, креативно ставитися до розв'язання будь-яких проблем і переносити надситуативну активність, що є механізмом

долання зовнішніх і внутрішніх перепон і обмежень, на інші ситуації своєї життєдіяльності. Особливо важливим є поява у батьків усвідомлення й мобілізація внутрішніх ресурсів і готовність до цілеспрямованих активних дій, які сприятимуть самореалізації.

Фізична впевненість дитини з аутизмом у собі сприяє регуляції її емоційного стану, а це, своєю чергою, дає змогу успішно контактувати з іншими людьми

Дж. Айрес

Коли батьки вміють яскраво й різноманітно виявляти себе, творчо підхоплювати дії дитини, відчувати, що варто зробити для її розвитку в той чи інший момент. Значення батьків у справі успішного розвитку дитини з особливостями психофізичного розвитку лишається надважливим.

Самооцінка, самоконтроль і впевненість у собі базуються на відчуттях свого тіла як певного умілого сенсомоторного цілого.

Дж. Айрес

Отже, пріоритети розвитку інклюзивної освіти полягають у формуванні змістових та організаційних особливостей інклюзивного освітнього середовища у закладах освіти, впровадження сучасного технологічного забезпечення реалізації інклюзивного підходу, постійного оновлення інтер'єра, обов'язково мати в наявності у всіх шкільних ресурсних кімнатах, а це понад 12 тисячі закладів загальної середньої освіти України, нові модернізовані будиночки.

Брак чіткості, визначеності, певної структури негативно впливає на організацію освітнього середовища, спричинюючи хаотичність, непродуктивність, що призводить до марної трати часу, непорозуміння, розчарування та зниження авторитету вчителя (*Stronge J.H.*).

«Здатність до творчості, – відзначив академік *В.О.Енгельгард*, – це найвищий дар, яким нагородила природа людину на нескінченно тривалому шляху її еволюційного розвитку».

Література

1. Спеціальна педагогіка: Понятійно-термінологічний словник / АПН України; Інститут спеціальної педагогіки; Луганський держ. педагогічний ун-т ім. Тараса Шевченка / В.І.Бондар (голов. ред..) 2003. – 436 с.
2. Синьов В.М. Корекційна психопедагогіка. Олігофренопедагогіка: в 2 ч. К.: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2007. Ч.1. 241 с., Ч.2. 223 с.
3. Синьов В.М. Кобернік Г.М. Основи дефектології: навч. посібник. К.: Вища шк., 1994. 143 с.
4. Behavioral issues in autism / Eds: E. Schopler, G. B. Mesibov. New York etc.: Plenum Press. 1994. 295 p

5. Kara Kosinski. The Parent's Guide to Occupational Therapy for Autism and Other Special Needs. 2016. P. 118-132.

6. Скрипник Т.В. Діти з аутизмом в інклюзії: сценарії успіху : монографія / Тетяна Вікторівна Скрипник. — Київ: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2019. — 208 с.

7. Енн Джин Айрес. Дитина і сенсорна інтеграція. Розуміння прихованих проблем розвитку. 2024. 327с.

8. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.enableme.com.ua/ua/article/vidomi-ludi-z-autizmom-9322&ved=2ahUKEwi8u_WJIY-NAxXkYPEDHV__IZAQFnoECBYQAAQ&us

ВОДОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗЕЛЕНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Ткаченко Тетяна, Руденко Діана

Київський національний університет будівництва і архітектури

На сьогоднішній день водні ресурси є вичерпним ресурсом в урбанізованому середовищі. Забруднення водних ресурсів призводить до нестачі чистої питної води. Тому, проблема вторинного використання дощових стічних вод є вкрай актуальною. Однією з технологій, що дозволяє очищувати та накопичувати дощові стічні води, - є технологія зелених конструкцій, а саме, зелені покрівлі [1-3].

Водозберігаючі технології в зеленому будівництві спрямовані на раціональне використання водних ресурсів, зменшення споживання питної води та повторне використання стічних вод.

1. Системи збору та повторного використання дощових стічних вод може включати наступні складові [4-9]:

- Збір дощової води – встановлення резервуарів для накопичення води з дахів і подальшого використання для поливу, технічних потреб або навіть фільтрації для пиття (рис.1).

- Сірі води – очищення та повторне використання води з раковин, душу, пральних машин для змиву туалетів або поливу.

2. Водощадна сантехніка

- Унітази з двома режимами зливу – дозволяють економити до 50% води на змиві.

- Безводні або мінімально водні унітази – використовують біологічні методи утилізації відходів.

- Аератори для кранів та душові головки з низьким потоком – зменшують витрату води без втрати комфорту.

3. Ефективне управління ландшафтом

- Ксероландшафтний дизайн – використання рослин, що потребують мінімального поливу (рис.2)

4. Використання водопропускного покриття – замість асфальту використовуються матеріали, що пропускають воду, сприяючи її поглинанню в

грунт.

- Розумні системи поливу – датчики вологи, які активують полив тільки за необхідності.

5. Альтернативні методи очищення та фільтрації води

- Біоочисні системи – природні фільтри з використанням рослин та мікроорганізмів.

- Фільтрація через штучні болота – ефективний екологічний метод очищення стічних вод.



Рис.1. Приклад баку для збору дощової води [4]



Рис. 2. Приклад ксероландшафтного дизайну [6]

У табл. 1 наведено різницю між традиційними та водозберігаючими технологіями [5-9].

ВИСНОВОК

Водозберігаючі технології – це необхідний засіб, який дозволяє

економити воду і зменшувати витрати. Спочатку їх встановлення потребує значних капітальних вкладень, але з часом має достатній термін окупності. Наприклад, збирання дощової води чи повторне використання сірих вод дозволяє витратити менше питної води. Також є розумні системи поливу та економні змішувачі, які допомагають зменшити споживання води, але не впливають на комфорт. Загалом, такі технології потрібні для збереження ресурсів і екології, тому їх варто використовувати в будівництві.

Таблиця 1

Різниця між традиційними та водозберігаючими технологіями

Критерій	Традиційні технології	Водозберігаючі технології
Витрати води	Високе споживання води для сантехніки, поливу, будівництва	Зниження витрат завдяки повторному використанню та ефективним системам
Економія коштів	Високі рахунки за воду та стічні води	Зменшення витрат на водопостачання та водовідведення
Екологічний вплив	Велике навантаження на водні ресурси та каналізацію	Зниження водного сліду, збереження ресурсів
Системи поливу	Традиційний полив з великою витратою води	Розумні системи поливу, ксероландшафтний дизайн
Стічні води	Повне скидання у каналізацію	Повторне використання сірих вод, біоочистка

ЛІТЕРАТУРА

1. Ткаченко Т.М., Глущенко Р. О., Мілейковський В.О. Ефективне відведення дощової води з доріг дощовими садами-смугами у концепції міста-губки. Екологічна безпека та природокористування. –Вип.40. - К.:КНУБА, 2021. – С. 48-61. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.4.46-59>.

2. Ткаченко Т.М., Глущенко Р. О. Можливості використання дощової води після фільтрації зеленими покрівлями. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний конгрес, 12-14 жовтня 2022, Україна, Львів: Збірник матеріалів — Київ: Яроченко Я. В., 2022. — 150 с.: рис.- С.98.

3. Tkachenko T.M., Mileikovskiy V.O, Hlushchenko R. O., Kravets V.A. Green structures for effective rainwater management on roads. Production

Engineering Archives. 2022. Vol. 28. Iss. 4. P. 295–299. <https://doi.org/10.30657/p ea.2022.28.37>.

4. Бак для збору дощової води. – Режим доступу: <https://prom.ua/p2394280525-emkost-dlya-sbora.html>

5. Водозберігаючі технології для поливу огорожу (<https://vegetable.com.ua/vodozberigayuchi-texnologii-dlya-polivu-ogorodu/>)

6. Водозберігаючі технології для фермерських господарств (<https://vegetable.com.ua/vodozberigayuchi-texnologii-dlya-fermerskix-gospodarstv/>)

7. Економія води в Україні (<https://aquapolymer.com.ua/blog/ekonomiya-vody-v-ukrayini-yak-znyzyty-vytraty-ta-zberegty-resursy/>)

8. Водозберігаючі технології Grohe (<https://frazua/vodozberigayuchi-tehnologiyi-grohe-yak-zaoshhadyty-vodu-ta-koshty-v-domogospodarstvi/>)

9. Ресурсозберігаючі технології зрошення (<https://nuwm.edu.ua/spetskursi/item/resursozberihaiuchi-tekhnohii-zroshennia?>)

ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО І ЗАКОН: ЯК АРХІТЕКТОРИ АДАПТУЮТЬСЯ ДО ЕКОЛОГІЧНИХ ЗМІН

Софія Коваленко, Антоніна Савченко

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
kovalenko_smy@knuba.edu.ua, savchenko.am@knuba.edu.ua*

Світ переживає глибоку трансформацію у відповідь на виклики кліматичних змін і деградацію довкілля. Архітектура – одна з галузей, що гостро відчуває на собі ці трансформації, адже від того, як проектуються та будуються різноманітні споруди, залежить не лише комфорт людей, а й майбутнє планети. Екологічність вже стала невід'ємною складовою професії архітектора, а законодавство – інструментом утвердження нової екологічної етики у містобудівній практиці.

Сьогодні на міжнародному рівні вже існують чіткі орієнтири щодо сталого будівництва. Директива 2010/31/ЄС про енергетичні характеристики будівель вимагає високих стандартів енергоефективності, а Європейський зелений курс (European Green Deal) передбачає, що будівельна галузь має відігравати ключову роль у досягненні вуглецевої нейтральності до 2050 року [1, 2]. Це змушує архітекторів мислити не лише про форму і функцію будівлі, а й про її життєвий цикл, екологічний слід та інтеграцію у природні процеси.

Різні європейські країни уже впровадили комплексне законодавство у цій сфері. У Швеції Екологічний кодекс (Miljöbalken, 1998) вимагає проведення обов'язкової екологічної оцінки проєктів [3], а в Німеччині закон UVPG передбачає аналіз впливу будівель на екологію ще на етапі планування [4]. Такі підходи допомагають мінімізувати шкоду для довкілля ще до фізичної реалізації об'єкта.

В Україні процес впровадження та адаптації екологічних регламентацій та адаптації принципів зеленого будівництва лише набирає обертів. Хоча питання захисту та збереження довкілля закріплені в низці законів – наприклад «Про охорону навколишнього природного середовища» [5], чи «Про енергетичну ефективність будівель» [6], - комплексної інтеграції вимог сталого будівництва досі бракує. Будівельні норми, такі як ДБН В.2.2-15:2019 лише частково враховують екологічні аспекти, а наявні процедури сертифікації залишаються складними і витратними.

Однак позитивні зрушення у цій сфері вже суттєво помітні. Як зазначають Тетяна Ткаченко та Анотіна Савченко та у своїй статті, українська будівельна галузь поступово інплементує європейські підходи до зеленого будівництва, зокрема шляхом адаптації стандартів LEED, BREEAM та інших міжнародних систем оцінювання. При цьому робиться акцент на створенні власних національних стандартів, що враховуватимуть специфіку українських кліматичних, соціальних та економічних умов [8].

Одним із найбільших та значущих кроків у цьому напрямі стала робота над створенням перших українських ДСТУ для «зелених конструкцій». Йдеться про документи «Захист довкілля. Зелені конструкції. Технічні умови» та «Захист довкілля. Зелені конструкції. Метод випробування тепломасообмінних процесів у рослинних шарах» [9]. Вони покликані встановити єдині технічні вимоги до будівель із використанням рослинних компонентів, що важливо для розвитку зелених дахів, фасадів, вертикальних садів та інтеграції рослинності в міське середовище.

Важливо підкреслити, що поряд із технічними аспектами виникає Тетяна Ткаченко проблема термінологічної невизначеності. Як вказано у роботі «Problems of smproving the terminology and modern classification of “green” constructions» [10], відсутність уніфікованої термінології ускладнює розробку нормативної бази і гальмує розвиток галузі. Тому сьогодні важливо не лише запроваджувати стандарти, а й формувати спільну мову фахівців з різних сфер – архітекторів, інженерів та екологів.

Для архітекторів це означає потребу в опануванні нових та актуальних та покращенні наявних навичок та компетенцій: енергоефективне проєктування, екологічний аналіз матеріалів, розуміння біокліматичних стратегій. Сучасні студії та бюро вже активно шукають баланс між естетикою і сталим розвитком в українських реаліях, адже дедалі частіше у проєктах можна помітити врахування та глибоке пропрацювання питання збереження енергії, збору дощової води, використання локальних природних ресурсів, використання та популяризація екологічно чистих матеріалів та мінімізація викидів вуглецю.

Прикладом є реалізовані в Україні проєкти зелених дахів на комерційних будівлях, впровадження енергоефективних систем опалення і вентиляції у нових житлових комплексах чи термомодернізації існуючих будівель, таких як навчальні заклади. Також гарним прикладом є сертифікація будівель в Україні за стандартами LEED та BREEAM. Попри економічні

виклики, попит на такі рішення поступово зростає, адже вони стають чимось більшим, ніж тренд чи гарні слова – це реальний внесок не лише у комфорт і добробут мешканців, а й в екологічно позитивні настрої у суспільстві.

Згідно з дослідженнями, основними бар'єрами залишаються недостатня законодавча база та державна підтримка, високі початкові витрати, брак стимулів для інвесторів, а також відсутність дієвих механізмів контролю за дотриманням екологічних норм. Для подолання цих проблем потрібне не тільки вдосконалення законодавства, але й зміна парадигми у підходах до архітектурної освіти й суспільного сприйняття екологічності та сталості [8].

Отже, шлях до інтеграції зеленого будівництва в Україні лише починається, проте розробка власних ДБН та ДСТУ, адаптація європейських директив, удосконалення термінології й популяризація екологічної архітектури створюють підґрунтя для змін. Справжня екологічна трансформація архітектури неможлива без глибокого усвідомлення своєї відповідальності як проєктантами, так і замовниками, як суспільством, так і державою. Зелене будівництво має стати новою нормою не лише у законодавстві, а й у серцях тих, хто формує простір навколо нас.

ЛІТЕРАТУРА

1. Директива 2010/31/ЄС про енергетичні характеристики будівель від 19.05.2010. [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-10#Text (дата звернення: 22.04.2025).

2. European Green Deal. Communication from the Commission. 2019. [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://commission.europa.eu/publications/communication-european-green-deal_en (дата звернення: 22.04.2025).

3. Miljöbalken. Swedish Environmental Code. 1998. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC050970/> (дата звернення: 23.04.2025).

4. Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). Germany. [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://csb-compliance.com/de/environmental-risk-assessment-era.html?gad_source=1&gbraid=0AAAAAC4oYHq4q7jCa99dWCSCHbAuQVJUk&gclid=Cj0KCQjwt8zABhDKARIsAHXuD7Y4L1ZqxckGWwQPz7zV6gQyDmE6a-0YiS24EIooRyD-TlMIXgTR9m0aAvfzEALw_wcB (дата звернення: 24.04.2025).

5. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991р. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 25.04.2025).

6. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text> (дата звернення: 26.04.2025).

7. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. [Електронний ресурс] - Режим доступу:

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=59627 (дата звернення: 27.04.2025).

8. А.М. Савченко, Т.М. Ткаченко. Імплементція європейських норм зеленого будівництва в будівельну галузь України. «Екологічна безпека та природокористування», Випуск 41(1), 2022, ст. 31-43. DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1>

9. Savchenko, A. (2024). Green building standards and their implementation in Ukraine. Journal Environmental Problems, 9(3), 187–192. DOI: <https://doi.org/10.23939/ep2024.03.187>

10. Problems of improving the terminology and modern classification of “green” constructions for the creation of Ukrainian “green” standards.

[Електронний ресурс] - Режим доступу:

<https://scholar.google.com.ua/citations?user=E5rEJoQAAAAJ&hl=uk> (дата звернення: 28.04.2025).

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ВІКОН І ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ШУМОЗАХИСТУ

Петро Саньков, Володимир Гільов, Наталія Ткач

Український державний університет науки і технологій ННІ

«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

petrsankov5581@gmail.com, hilyov.v@gmail.com, tkachnati3@gmail.com

Актуальність. Однією з поширеніших екологічних складових забруднення атмосфери сьогодні визнано проблему впливу шуму на здоров'я людини в будь яких місцях його перебування в умовах праці, побуту, або відпочинку [1-5].

Постановка проблеми. В роботі [1] авторами проведено вибіркове дослідження вартості для основних засобів шумозахисту (вакуумні вікна, звукоізоляційні панелі, акустичні поглиначі, тощо). Оцінку зроблено з урахуванням вартості витрат на енергоспоживання, витрат на самі конструкції, та вартості робіт на установку. Далі ми зосередим свою увагу на екологічних аспектах шумозахисту, які безпосередньо пов'язані з переліченими засобами.

Мета досліджень. Провести аналіз екологічних аспектів для вікон і панелей, які використовуються з метою шумозахисту.

Основна частина. Екологічна складова шумозахисних конструкцій, таких як вікна та панелі, дуже важлива і сучасний напрям у їх розвитку. Вона включає кілька ключових аспектів:

1. Енергозбереження: Такі конструкції сприяють зменшенню втрат тепла, що зменшує споживання енергії для опалення й кондиціонування. Це зменшує викиди CO₂ і має позитивний вплив на довкілля.

2. Використання екологічних матеріалів: Вибір природних, перероблених або менш шкідливих для навколишнього середовища матеріалів під час виробництва рам, ізоляторів і інших компонентів.

3. Відповідальне виробництво: Зменшення шкідливих викидів на виробництві, мінімізація відходів та використання сучасних технологій для зменшення впливу на довкілля.

Про енергозбереження (1). Енергозбереження в шумозахисних вікнах та панелях це один із ключових аспектів екологічної складової, яке має кілька важливих напрямків.

Як здійснюється енергозбереження у таких конструкціях:

а) мультишарові склопакети. Використання двох або трьохшарових склопакетів з повітряною або інертною газовою внутрішньою прослойкою (наприклад, argon, krypton). Це значно знижує теплопередачу через скло і полегшує утримання тепла в приміщенні;

б) теплоізоляційні профілі Відповідні матеріали рам (наприклад, з ПВХ, дерева або алюмінію з термовставками) мають низький коефіцієнт теплопередачі, що зменшує втрати тепла через рамкову конструкцію;

в) товщина та герметизація Правильна герметизація швів і ущільнень запобігає проникненню холодних потоків та витоку тепла, що (у підсумку) скорочує споживання енергії;

г) фарбування та покриття із низьким коефіцієнтом теплового коефіцієнта (Low-E). Спеціальні прозорі покриття знижують теплове випромінювання і віддзеркалюють теплову енергію всередині приміщення, зменшуючи втрати;

д) альтернативні технології. Наприклад, активні системи з енергозберігаючими елементами або використання енергозберігаючих плівок.

Ефект від застосування цих технологій:

- Зменшення витрат на опалення та кондиціонування — значно нижчі рахунки за енергію.
- Зниження викидів CO₂ — через менше споживання енергії.
- Покращення комфорту і здоров'я — постійна температура, відсутність протягів.

В цілому, енергозбереження через сучасні шумозахисні вікна — це не лише комфорт і економія, але й суттєвий внесок у збереження довкілля, зменшуючи викиди парникових газів і сприяючи сталому розвитку міст та країни в цілому:

а) зменшення викидів парникових газів:

- за даними Міжнародного енергетичного агентства, зменшення енерговитрат на опалення і кондиціонування на 30-50% у середньому зменшує рівень викидів CO₂;
- переобладнання вікнами з низьким U-значенням (наприклад, 0,7 Вт/(м²·К)) замість старих чи неефективних з U понад 2,0 Вт/(м²·К)) дозволяє зменшити споживання енергії для опалення/охолодження в середньому на 40%;

б) зменшення енергетичних ресурсів і її вплив:

- зменшуючи потребу у викопному паливі для виробництва енергії, ми зменшуємо викиди, які утворюються під час спалювання палива на

вугільних або газових електростанціях, що зменшує загальну кількість парникових газів, шкідливих кислот та твердих частинок у атмосфері;

- це сприяє боротьбі з кліматичними змінами та покращенню якості повітря у місті;

в) регіональні та глобальні плюси:

- повне оновлення вікон у великих будівлях, таких як лікарні та школи, може знизити регіональні викиди CO₂ на сотні або тисячі тон щорічно;

- у масштабі країни — це може бути еквівалент нових посадок тисячі дерев або зменшення викидів, що відповідає збереженню кількох сотень гектарів лісів.

Отже, використання сучасних шумозахисних і теплозберігаючих вікон — це і глобальна боротьба зі зміною клімату, і локальні переваги у вигляді зниження витрат на енергоносії, а також збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Про використання екологічних матеріалів.(2).

Використання екологічних матеріалів у конструкціях та оздобленні будівель — актуальна і важлива тема, особливо для медичних закладів, де важливі гігієнічність, безпечність і комфорт для пацієнтів та персоналу. Розглянемо питання, що таке екологічні матеріали, чому вони важливі, і які конкретні рішення можливо рекомендувати, наприклад, для проект у шумозахисту від транспортних джерел для лікарні у будь-якому місті України.

Одразу приведемо елементарні розрахунки екологічної ефективності застосування сучасних енергоефективних (і одночасно шумозахисних) вікон для лікарні. Приблизні розрахунки для лікарні. Уявімо, що у лікарні з 100 вікнами раніше споживали 10 МВт-год електроенергії для опалення/охолодження внутрішніх об'ємів (через низьку теплоізоляцію).

Встановлення сучасних вікон із високою теплоізоляцією зменшує споживання енергії до 6 МВт-год. Це зменшує викиди CO₂ приблизно на 4 тони на рік (залежно від джерела енергії, яке використовується).

Що таке екологічні матеріали? Екологічні матеріали — це матеріали, що мають мінімальний вплив на навколишнє середовище на всіх етапах життєвого циклу: від виробництва до утилізації. Вони зменшують кількість шкідливих емісій, токсинів, випаровувань і не містять шкідливих для здоров'я речовин.

Основні характеристики екологічних матеріалів:

- Безпечність для людини (відповідність стандартам GUV, CA Propiedades).

- Мінімальна або нульова емісія летких органічних сполук (VOC).

- Біорозкладність або можливість повторного використання.

- Відсутність токсичних речовин або шкідливих добавок.

- Відповідність стандартам GREEN BUILDING або LEED.

В чому полягає основна екологічна спрямованість і важливість використання екологічних матеріалів у місцях як тимчасового, та і довготривалого перебування людини?

- Гігієна і безпека. Деякі традиційні оздоблювальні матеріали можуть виділяти шкідливі речовини, що погіршує якість повітря і може викликати алергію або інші проблеми.

- Здоровий мікроклімат. Екологічні матеріали сприяють у підтриманні чистоти і гігієнічності.

- Довговічність. Екологічні матеріали, як правило, мають високий рівень захисту від цвілі, бактерій і шкідливих речовин.

- Відповідність сучасним стандартам. Запобігають штрафним санкціям і відповідають вимогам зеленого будівництва.

Стосовно відповідального виробництва (3).

Інформація про відповідальне виробництво стане важливою частиною будь якого проекту, особливо у контексті використання екологічних матеріалів та сталого будівництва.

Розглянемо основні положення, які мають безпосереднє відношення до відповідального виробництва.

Відповідальне виробництво — це підхід, при якому виробники прагнуть мінімізувати негативний вплив на довкілля, суспільство і економіку на всіх етапах життєвого циклу продукції: від здобуття сировини і виробництва до упаковки, транспортування, використання і утилізації.

Основні принципи відповідального виробництва:

- Екологічна безпека: зменшення викидів, використання відновлюваних і вторинних ресурсів.

- Соціальна відповідальність: дотримання прав працівників, висока якість праці, чесна оплата.

- Економічна сталість: забезпечення довгострокової стабільності, інновацій, чесного бізнесу.

Чому важливо обирати матеріали від відповідальних виробників?

- Зменшення впливів на довкілля — зменшуються викиди CO₂, шкідливі відходи.

- Зворотній зв'язок з громадськістю, сертифікації — продукти мають сертифікати відповідальності (LEED, BREEAM, GGB, FSC, PEFC).

- Гарантія високої якості і безпеки — зменшують ризики для здоров'я персоналу і пацієнтів.

- Підтримка сталого розвитку — сприяє формуванню позитивного іміджу вашої організації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Саньков П.М., Ткач Н.О., Ошеров М.О. Аналіз вартості окремих видів шумозахисту в державах ЄС і в Україні/ The 16th International scientific and practical conference “Innovative development models: trends and innovations” (April 22 – 25, 2025) Athens, Greece. International Science Group. 2025. 156 p. P. 82-91

2. Natarajan, N., Batts, S. & Stankovic, K. M. Noise-induced hearing loss. J. Clin. Med. 12, 2347 (2023).

3. ДСТУ – Н Б В.1.1 - 32 "Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування". Київ, Мінрегіон України, 2014 р. Наказ Мінрегіону України від 10.07.2013 № 306, чинний з 2014. 01.01. Код УКНД 91.120.20; 17.140.01.

4. ДСТУ – Н Б В.1.1 - 35 "Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях". Київ, Мінрегіон України, 2014 р. Наказ Мінрегіону України від 10.07.2013 № 306, чинний з 2014. 01.01, та від 18.09.2013 №453 Код УКНД 91.120.20; 17.140.01.

5. Актуальные аспекты обеспечения акустической безопасности населения в Украине / П.Н. Саньков // Международный научный журнал. Киев: 2015. -№ 5. –С. 43-4

ОЦІНКА ОБСЯГІВ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ ВІД РУЙНУВАНЬ

Ігор Сатін¹, Олена Колтик², Олена Панченко¹

¹Київський національний університет будівництва і архітектури, Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства», satin@nikti.org.ua

²Ukraine Support Team (UST), hi@rethink.com.ua

³Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства», ranchenko@nikti.org.ua

В Україні станом на початок 2022 року налічувалось приблизно 8 млн житлових будинків із загальною площею житлових приміщень 892,1 млн кв. м. Починаючи з 24 лютого 2022 р через бойові дії житлові та громадські будинки, споруди та інші будівельні об'єкти зазнають руйнувань та пошкоджень по всій території України. Найбільших руйнувань та пошкоджень зазнали житлові та громадські будинки у Донецькій, Харківській, Луганській та Київській областях, а протягом 2022 р. значних пошкоджень та руйнувань зазнали будинки також у Миколаївській області. За оцінками Світового банку у звіті RDNA3 станом на грудень 2023 року зазначається, що серед всіх пошкоджених житлових одиниць понад одну чверть (547,01 тис. житлових одиниць) повністю зруйновано, інші дві чверті є частково пошкодженими, серед яких: 882,528 тис. житлових одиниць мають незначні пошкодження (до 10 %), і 679,382 тис. житлових одиниць мають середні ушкодження (ушкодження 10–40 %). Також пошкоджено 230,315 тис. індивідуальних житлових будинків та 67,206 тис. кімнат у гуртожитках.

За оцінками Світового банку загальна шкода житловому фонду складає 55,9 млрд. доларів США. Найбільшої шкоди було завдано багатоквартирним будинкам. Квартири в багатоквартирних будинках продовжують становити найбільшу частку як пошкоджених одиниць, так і витрат на пошкодження, обидва – 86 %.

В Україні з метою організації та виконання комплексу робіт з ліквідації наслідків руйнувань під час воєнного стану та у відбудовний період

управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд, об'єктів незавершеного будівництва, об'єктів благоустрою внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків здійснюється «Порядком поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків», затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 27 вересня 2022 р. № 1073 (далі – Порядок).

Проте, Порядок не містить алгоритму визначення попереднього обсягу відходів від руйнувань, що ускладнює планувальні рішення щодо управління з цим видом відходів, а також значно навантажує органи місцевого самоврядування у разі настання руйнувань.

Оцінка обсягів утворених відходів від руйнувань здійснюється переважно візуально або за об'ємами кузову вантажних автомобілів. Таким чином, існує потреба у розробленні методичних рекомендацій для попередньої оцінки обсягів утворення відходів від руйнувань з використанням накопиченого вітчизняного та світового досвіду.

Методичні рекомендації щодо оцінки визначення обсягів утворення відходів, що утворились внаслідок пошкодження та руйнування будівель та споруд розроблено за підтримки Агентства США з міжнародного розвитку USAID «Зміцнення громадської довіри (UCBI)».

Метод розрахунку коефіцієнта генерації (GRC – «generation rate calculation») є поширеним підходом, який використовується для оцінки кількості відходів будівництва та знесення (далі - ВБЗ) [1-3]. Цей метод може бути реалізований під час будівництва, реконструкції, а також демонтажу як на регіональному рівні, так і на рівні проекту. Принцип цієї методології полягає в отриманні рівня утворення відходів для певної одиниці діяльності (наприклад, кг/кв. м і куб. м/кв. м). У цьому принципі було введено кілька методів з використанням альтернативних параметрів у попередніх дослідженнях, таких як множник на душу населення, екстраполяція фінансової вартості та розрахунок на основі площі. Кількість утворених відходів розраховують за допомогою індексу утворення відходів, такого як коефіцієнт утворення відходів, отриманий за допомогою статистичного аналізу на основі загальної площі підлоги (GFA - gross floor area) [1-3].

В Японії, яка потерпає від регулярних стихійних лих, також застосовується методика оцінки обсягів утворення відходів від стихійних лих. Методика враховує тип будинку, основні конструктивні елементи, наявність пожежі під час руйнування та дає змогу оцінити обсяги утворення відходів від стихійних лих в цілому та по основним компонентам – бетон, цегла, пластик, скло, гіпсокартон та інше.

Таким чином, методики, які використовуються у світі для визначення обсягів будівельних відходів після демонтажу будівлі або її руйнації, як

правило, використовують питомі показники утворення окремих матеріалів або відходів на одиницю площі зруйнованої будівлі.

Водночас слід зазначити, що питомі показники, які отримані в інших країнах світу не можуть бути застосовані в Україні з ряду причин: знаходження в різних кліматичних зонах, що впливає на параметри огорожувальних та несучих конструкцій; різні методи будівництва та різні будівельні матеріали.

В Україні облік відходів від руйнувань наразі здійснюється за фактично вивезеними обсягами і отримати якісну статистичну інформацію про кількість утворених відходів не завжди можливо. Як правило, обсяги фактично вивезених відходів від руйнування менші за реальні показники. До зменшення обсягів відходів від руйнувань, які обліковують територіальні громади в Україні приводять наступні чинники: а) тривалий період між руйнуванням та проведенням демонтажних робіт (від кількох місяців до років), під час якого деякі матеріали були вилучені місцевими жителями або військовими для власних потреб; б) частина зруйнованих будівель зазнавала пожеж, а в деяких випадках відходи від руйнувань обліковувались як будівельні відходи; в) демонтажні роботи проводились до частини будівлі (досить часто демонтажні роботи в садибній забудові не застосовувались для фундаментів) [5].

Таким чином, для розрахунку питомих показників в Україні доцільно використовувати данні проектів будівництва. Використовуючи досвід різних країн для оцінки обсягів утворення відходів від руйнувань необхідно визначити питомі показники на одиницю площі – норму утворення відходів. При цьому, основними показниками визначення розрахункової кількості відходів від руйнувань є об'єм (куб.м) та/або маса (т). Норму утворення визначаємо для житлових будинків садибної забудови та багатоквартирних будинків, будівель закладів загальної середньої освіти, дошкільної освіти та закладів охорони здоров'я.

Відповідно до Порядку відходи від руйнувань складаються з двох компонентів – основних та супутніх компонентів [4]. До основних компонентів відносяться частини (уламки, бой) будівельних конструкцій, заповнень дверних та віконних блоків, інженерних мереж, санітарно-технічних приладів тощо. До супутніх компонентів відносяться матеріали, предмети, які були всередині або поряд з будівлею у момент пошкодження (руйнування) або під час виконання робіт з його демонтажу, зокрема устаткування, особистих речей, предметів вжитку (меблів, побутової техніки), органічних речовин тощо. Таким чином, норма утворення відходів від руйнувань також розраховується за основними та супутніми компонентами.

Витрати основних матеріалів для зведення будинків базуються на типових проектах періоду 1958 – 1991 років та проектно-кошторисної документації після 1991 року.

Для розрахунків питомих показників використовуємо наступні площі будівель: площа забудови будинку та загальна площа будинку. Площа забудови використовується для розрахунку питомих показників садибної

забудови, а також для визначення питомих показників азбестовмісних покрівельних матеріалів у багатоквартирних та інших будинках. Загальна площа будинку використовується для розрахунку питомих показників багатоквартирних будинків. Визначається загальна площа руйнування – це частина загальної площі або загальна площа будинку, яка підлягає демонтажу.

Таким чином, розрахунок маси утворення відходів від руйнувань за основними компонентами (сума всіх мас за окремими компонентами) в житлових будинках проводиться за формулою:

$$M_i = F_i * a_i, \quad (1)$$

де:

M_i – загальна маса утворення відходів від руйнувань за основними компонентами на i -му об'єкті забудови, т;

F_i – площа забудови на i -му об'єкті, кв. м;

a_i – норма утворення відходів від руйнувань за основними компонентами на i -му об'єкті, т/кв. м.

Порівнюємо норми утворення відходів від руйнувань, які отримані в нашому дослідженні за проектними показниками, з питомими показниками утворення будівельних відходів або відходів лиха, які отримані іншими методами або розрахунками. Результати порівняння зведені у табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння норм утворення відходів від руйнувань житлових будинків з питомими показниками, отриманими іншими методами

Тип будинку	Загальна норма утворення відходів від руйнувань, т/кв.м	Примітки
Дані, які отримані за проектними показниками		
Будинки садибні	2,126	За проектними показниками
Будинки крупнопанельні	2,196	За проектними показниками
Будинок монолітно-каркасний 9-ти поверховий	1,524	За проектними показниками
Дані, які отримані іншими методами		
Будинки садибної забудови за фактичними даними ПРООН для Київської області	1,628	Фактичний показник. Може бути занижений через відбір матеріалів до демонтажу та пожежі
Маса конструкцій і матеріалів за типовими проектами багатоквартирних будинків, приведених на загальну площу	2,614	Проектний достовірний показник

Порівняння норм утворення відходів від руйнувань (табл. 1), які отримані в нашому дослідженні за проектними показниками, з питомими

показниками утворення будівельних відходів або відходів лиха, які отримані іншими методами або розрахунками, показало статистичну релевантність отриманих результатів. Середнє арифметичне значення норми утворення відходів від руйнувань за проектними показниками складає 2,415 т/кв.м.

ЛІТЕРАТУРА

1. Cha, G.-W., Moon, H. J., Kim, Y.-M., Hong, W.-H., Hwang, J.-H., Park, W.-J., & Kim, Y.-C. (2020). Development of a Prediction Model for Demolition Waste Generation Using a Random Forest Algorithm Based on Small DataSets. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 6997. <https://doi.org/10.3390/ijerph17196997>
2. Cheng, J. C. P., & Ma, L. Y. H. (2013). A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. *Waste Management*, 33(6), 1539–1551. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.001>
3. Soberón, G., Márquez, S., García, G., Soberón, G., Rea, A., & Higuera, C. (2016). A Comparative Study of Indoor Pavements Waste Generation During Construction through Simulation Tool. *International Journal of Sustainable Energy Development*, 5(1). <https://doi.org/10.20533/ijsed.2046.3707.2016.0032>
4. Порядок поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1073 від 27 вересня 2022 року
5. Сатін І., Панченко О., Фляшовський В. Методичні рекомендації щодо оцінки обсягів відходів від руйнувань / ред. О. Колтик. Київ : ГО "РЕСІНК", 2024. 68 с. (Препринт). URL: https://decentralization.ua/uploads/library/file/940/Методичні_рекомендації_відходи_від_руйнувань_ReThink_UST.pdf (дата звернення: 28.11.2024).

РОЛЬ ЗЕЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ В УПРАВЛІННІ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ В МІСЬКИХ СИСТЕМАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Сахновська Вікторія Миколаївна¹, Ткаченко Тетяна Миколаївна,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
vsahnovskaya@gmail.com

Інфільтрація та ексфільтрація стічних вод є важливими чинниками, що суттєво впливають на екологічну безпеку, оскільки викликають порушення гідрологічного балансу, забруднення водних ресурсів і деградацію ґрунтового покриву [1, 2]. Процеси інфільтрації, які передбачають проникнення зовнішніх вод до каналізаційних мереж через дефекти конструкцій, можуть призводити до перевантаження інженерної інфраструктури та, як наслідок, — до аварійних скидів недостатньо очищених стічних вод у навколишнє середовище [3]. Це спричиняє надходження великої кількості органічних і хімічних забруднень до

водойм, порушує природні біохімічні цикли, зокрема посилює процеси евтрофікації, що негативно впливає на біорізноманіття [4, 5]. Окрім цього, розведення стічних вод інфільтраційними потоками ускладнює функціонування очисних споруд, зменшуючи ефективність очищення та підвищуючи енерговитрати [6].

У загальній практиці дослідження інфільтраційних процесів додатковий притік стічних вод у системи водовідведення зазвичай зумовлений атмосферними опадами та підземними водами.

Відповідно до ДБН В.2.5-75:2013 при розробці проєктів каналізаційних систем для об'єктів необхідно інтегрувати їх з проєктами водопостачання, ґрунтуючись на аналізі балансу водоспоживання та водовідведення. Тому визначення обсягів водовідведення повинно складатися на підставі загального балансу водокористування у системах водопостачання та водовідведення.

Для забезпечення достовірної оцінки параметрів функціонування систем водовідведення доцільним є визначення фактичних втрат води, а також обсягів інфільтраційних та ексфільтраційних потоків, для чого пропонується застосування балансового-аналітичного методу (рис.1).

Обсяг інфільтрації атмосферних опадів до мережі водовідведення (I_{rs}) пропонується визначати на основі формули (1). Для забезпечення точності оцінок та врахування всіх можливих коливань параметрів, кожен досліджуваний фактор підлягає детальній статистичній обробці.



Рис. 1. Процес визначення інфільтрації та ексфільтрації балансово-аналітичним методом.

Ця обробка включає розрахунок середньодобових значень в дні з атмосферними опадами та без, що дозволяє отримати більш надійні та репрезентативні дані. Зокрема, для подальшого аналізу та оцінки впливу інфільтраційних процесів на загальний водний баланс системи, проводиться визначення абсолютних та відносних величин додаткового припливу, що

розраховуються згідно з рівнянням (1). Це дозволяє виявити зміни в обсягах води, що надходять до системи водовідведення внаслідок інфільтрації атомосферних вод, а також оцінити їх вплив на роботу мережі.

$$I_{RS} = Q_{SRAD} - Q_{SDAD}, \text{ м}^3/\text{добу}; \quad I_{RS} = \frac{Q_{SRAD}}{Q_{SDAD}}, \%; \quad 1)$$

де Q_{SRAD} – середньодобові значення загального водовідведення в дні з опадами, $\text{м}^3/\text{добу}$;

Q_{SDAD} – середньодобові значення загального водовідведення без опадів, $\text{м}^3/\text{добу}$;

Більшість дослідників погоджуються, що зміни клімату вже призвели до, а також продовжуватимуть спричиняти посилення екстремальних погодних явищ, як за інтенсивністю, так і за частотою [7]. Наприклад, унаслідок кліматичних змін у країнах Північної Європи очікується збільшення рівня опадів [8].

Тому з огляду на прогнозовані зміни клімату та їх вплив на водні ресурси, необхідність застосування екологічних методів для боротьби з інфільтрацією поверхневого стоку стає надзвичайно актуальною.

До таких методів слід віднести застосування «зелених» конструкцій:

- дощові сади (Rain Gardens) - заглиблені ділянки з вологолюбними рослинами та дренажним шаром. Вони перехоплюють дощову воду з дахів, тротуарів та інших непроникних поверхонь, дозволяючи їй повільно просочуватися в ґрунт. Рослини поглинають воду та забруднюючі речовини, а ґрунт діє як природний фільтр [9].

- інфільтраційні траншеї (Infiltration Trenches) - вузькі заповнені щебенем канали, які приймають дощову воду. Вода поступово просочується через щебін у навколишній ґрунт. Їх часто використовують вздовж доріг або парковок [10].

- проникні тротуари та парковки (Permeable Pavements) - покриття мають пористу структуру, яка дозволяє воді проникати безпосередньо в ґрунт під ними. Це зменшує поверхневий стік і сприяє інфільтрації. Існують різні типи проникних покриттів, такі як пористий асфальт, проникний бетон та бруківка з проміжками [11].

- біофільтри (Biofilters/Bioretenion Systems) - схожі на дощові сади, але часто мають більш складну структуру з різними шарами ґрунту та дренажними системами. Вони ефективно видаляють забруднюючі речовини з дощових стоків [12].

- зелені дахи (Green Roofs) - дахи, частково або повністю вкриті рослинністю, висадженою на водонепроникній мембрані. Вони затримують значну кількість дощової води, зменшуючи стік та сприяючи її повільному випаровуванню та поглинанню рослинами [13].

- природні дренажні системи (Natural Drainage Systems/Swales) - неглибокі, пологі канали, вкриті рослинністю, які використовуються для транспортування та фільтрації дощової води. Вони сповільнюють потік води та сприяють її інфільтрації в ґрунт [14].

Вибір «зелених конструкцій» для боротьби з поверхневим стоком повинен базуватися на еколого-економічному обґрунтуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. High groundwater levels: processes, consequences, and management / B. Becker et al. WIREs water. 2022. URL: <https://doi.org/10.1002/wat2.1605> (date of access: 25.02.2025).
2. Eiswirth M., Hötzl H. The impact of leaking sewers on urban groundwater //Groundwater in the urban environment. – 1997. – Т. 1. – С. 399-404.
3. Foster S., Hirata R., Andreo B. The aquifer pollution vulnerability concept: aid or impediment in promoting groundwater protection? *Hydrogeology journal*. 2013. Vol. 21, no. 7. P. 1389–1392. URL: <https://doi.org/10.1007/s10040-013-1019-7> (date of access: 25.02.2025).
4. Impact of on-site wastewater infiltration systems on organic contaminants in groundwater and recipient waters / Q. Gao et al. *Science of the total environment*. 2019. Vol. 651. P. 1670–1679. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.016> (date of access: 25.02.2025).
5. Impact of on-site wastewater infiltration systems on organic contaminants in groundwater and recipient waters / Q. Gao et al. *Science of the total environment*. 2019. Vol. 651. P. 1670–1679. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.016> (date of access: 25.02.2025).
6. Dilution of sewage: is it, after all, really worth the bother? / G. Dirckx et al. *Journal of hydrology*. 2019. Vol. 571. P. 437–447. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.01.065> (date of access: 25.02.2025).
7. Ohlin Saletti A. Infiltration and inflow to wastewater sewer systems. Gothenburg, Sweden : CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2021. 56 p. URL: http://research.chalmers.se/publication/522159/file/522159_Fulltext.pdf (date of access: 25.02.2025).
8. Staufer P., Scheidegger A., Rieckermann J. Assessing the performance of sewer rehabilitation on the reduction of infiltration and inflow. *Water research*. 2012. Vol. 46, no. 16. P. 5185–5196. URL: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.07.001> (date of access: 25.02.2025).
9. Manage Sewer In-Line Storage Control Using Hydraulic Model and Recurrent Neural Network / D. Zhang et al. *Water Resources Management*. 2018. Vol. 32, no. 6. P. 2079–2098. URL: <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1919-3>.
10. Manage Sewer In-Line Storage Control Using Hydraulic Model and Recurrent Neural Network / D. Zhang et al. *Water Resources Management*. 2018. Vol. 32, no. 6. P. 2079–2098. URL: <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1919-3>.
11. Technical solutions and benefits of introducing rain gardens – Gdańsk case study / M. Kasprzyk et al. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 835. P. 155487. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155487>.
12. Assessment of clogging of permeable pavements by measuring change in permeability / L.-M. Chen et al. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 749. P. 141352. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141352>.

13. Очищення дощових стічних вод. Biobox. *Biobox очисні споруди*. URL: <https://biobox.ua/works/ochyshhennya-doshhovyh-stichnyh-vod/> (дата звернення: 04.05.2025).

14. Planning of green roofs for the best thermotechnical effect / Т. Tkachenko et al. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences (SREES)*. 2025. Vol. 34, no. 1. P. 42–54. URL: <https://doi.org/10.22630/srees.9954> (дата звернення: 15.04.2025).

15. Next generation swale design for stormwater runoff treatment: A comprehensive approach / S. A. Ekka et al. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 279. P. 111756. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111756>.

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАТІНЕННЯ СОНЦЕЗАХИСТУ ІЗ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ

Олег Сергейчук, Юрій Козак

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
ovsergeich@i.ua, kozakuriy1@gmail.com*

У північній півкулі Землі максимальна інсоляція припадає на день літнього сонцестояння – 22 червня. Однак через акумулювання тепла Землею максимальні температури атмосфери фіксуються наприкінці липня. Траєкторії руху Сонця небесною сферою, рівновіддалені від дня літнього сонцестояння, збігаються. Тому нерегульований сонцезахисний пристрій, який блокує надходження сонячних променів до приміщення 22 серпня, коли дуже спекотно, не пропускає сонце і 22 квітня, хоча в цей час у багатьох країнах Європи, зокрема й в Україні, ще досить прохолодно та інсоляція приміщень бажана. Зелені насадження, які скидають листя взимку, мають перевагу порівняно з нерегульованими сонцезахисними пристроями, оскільки пропускають сонячні промені в холодну пору року (рис. 1). Тому використання зелених насаджень в якості сонцезахисних пристроїв (зелених СЗП) сприяє створенню комфортних температурних умов у будинках. Сучасна архітектура міст та окремих будівель передбачає різноманітне використання зелених СЗП: окремі дерева, ряди дерев біля фасадів, рослини на фасадах – звиси, бокові ребра або зелені штори.

При енергетичній сертифікації будівель необхідно враховувати вплив зовнішнього затінення на витрату енергії на опалення та охолодження будівель. Для цього необхідно знати значення понижуючого коефіцієнта затінення $F_{sh,O}$, який є відношенням сонячної радіації, що надійшла на опромінювану поверхню, затінену сонцезахистом, до сонячної радіації на цю поверхню без затінення [1,2]:

$$F_{sh,O} = \frac{I_{sol,ps,mean}}{I_{sol,mean}}, \quad (1)$$

де $I_{sol,ps,mean}$ – середня енергетична освітленість сонячною радіацією поверхні,

що розглядається, затіненою зовнішніми об'єктами, Вт/м²;

$I_{sol,ps,mean}$ — середня енергетична освітленість сонячною радіацією цієї ж поверхні при відсутності затінення, Вт/м².

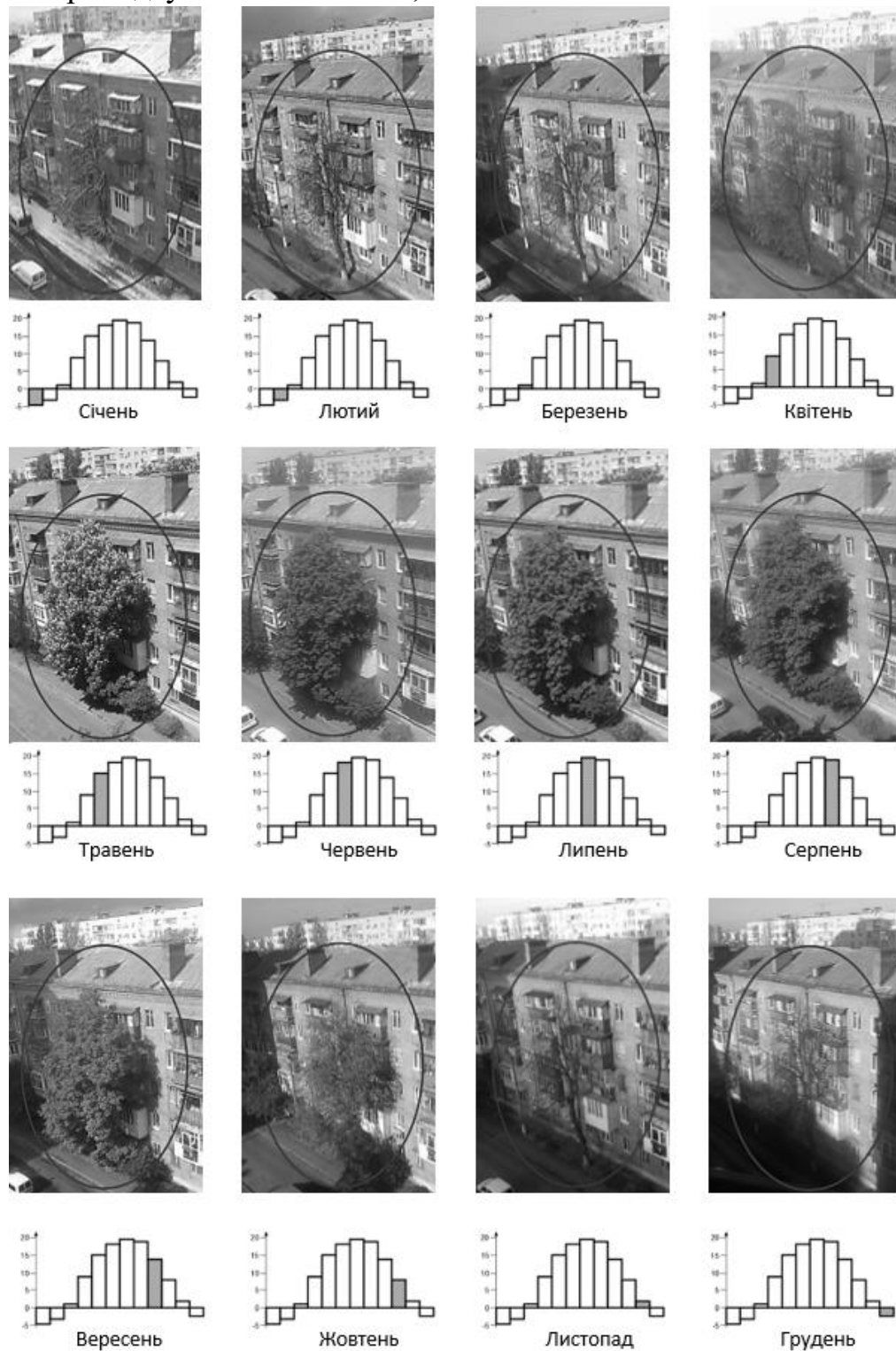


Рис 1. Блокування сонячних променів каштаном протягом року

Цей коефіцієнт різний для періодів опалення та охолодження.

Періоди опалення та охолодження визначаються різними методиками по-різному. Однак, при центральній системі опалення, опалювальний період визначається певною середньодобовою температурою зовнішнього повітря, нижче за яку починається опалювальний період. Наприклад, в Україні це температура -8°C [3]. Період охолодження визначається складніше.

Вважатимемо, періодом охолодження місяці, у яких температура зовнішнього повітря вдень може бути вищою за 21°C [1]. Ці припущення покладені в основу розрахунку знижувальних коефіцієнтів затінення у цьому дослідженні.

Оскільки прозорість зелених насаджень залежить від густоти листя у напрямку падіння сонячних променів та довжини шляху променю через зелену масу, прийнято припущення, що прозорість зелених СЗП f_i у напрямку i підпорядковується експоненційному закону загасання [4] і може бути подана у вигляді:

$$f_i = e^{-\mu d_i}, \quad (2)$$

де μ – оптична густина зеленого СЗП; d_i – довжина шляху, який пройшов промінь через зелену масу.

Оскільки прозорість зелених насаджень залежить від густоти листя у напрямку падіння сонячних променів та довжини шляху променю через зелену масу, прийнято припущення, що прозорість зелених СЗП f_i у напрямку i підпорядковується експоненційному закону загасання і може бути подана у вигляді:

$$f_i = e^{-\mu d_i}, \quad (2)$$

де μ – оптична густина зеленого СЗП; d_i – довжина шляху, який пройшов промінь через зелену масу.

Оптична густина зеленого СЗП визначається за формулою:

$$\mu = \frac{\ln f_{\angle}}{d_{\angle}}, \quad (3)$$

де $f_{\angle}$ – прозорість зеленого СЗП, яка заміряна під певним кутом падіння сонячних променів, $d_{\angle}$ – довжина шляху цього променю у зеленій масі.

Значення $f_{\angle}$ і $d_{\angle}$ прийняті з досліджень [3-6].

Для розрахунку енергетичної ефективності СЗП запропоновані енергетичні сонячні карти [7]. Вони отримані нанесенням на сонячну карту для площини відповідної орієнтації 100 точок, які розподілені по карті у відповідності до вкладу елементарних ділянок неба в енергетичну освітленість цієї площини при умові повністю відкритого неба. Енергетичні сонячні карти побудовані окремо для періодів охолодження та перегріву для вертикальних площин фасадів, орієнтованих по восьми сторонам світу: Пн, Пн-Сх, Сх, Пд-Сх, Пд, Пд-З, З, Пн-З. Побудова була здійснена на основі даних [3] та ППП “Atmospheric Radiation” [10] при реальній хмарності неба для п’яти міст: Київ

(І архітектурно-будівельний кліматичний район), Запоріжжя (ІІ район), Івано-Франківськ (ІІІа район), Ужгород (ІІІб район), Сімферополь (ІV район).

Як відомо, сонячна радіація, що надходить на фасад, складається з прямої, розсіяної та відбитої. При розрахунку надходження сумарної радіації прийнято спрощення, що розсіяна і відбита радіація надходять на фасад без зниження. Це ідентично припущенню, що затінення відбивають таку кількість сонячної радіації, що поглинають [2]. Розсіяна радіація в [3] вже враховує відбиття від землі. Тому частковий поправочний коефіцієнт затінення $F_{sh,O}$ можна визначити за формулою:

$$F_{sh,O} = \frac{0,01 \cdot S \cdot P + D}{S + D}, \quad (4)$$

де S – середня місячна сума прямої сонячної радіації, МДж/м², визначається за [8];

D – середня місячна сума розсіяної місячної радіації, МДж/м², визначається за [8];

P – відсоток пропускання прямої сонячної енергії СЗП.

Для визначення P непрозорого СЗП за допомогою енергетичної сонячної карти достатньо побудувати на ній тіньову маску СЗП і підрахувати кількість N точок, що він затінює. Тоді

$$P = 100 - N. \quad (5)$$

Для зелених СЗП формула (4) приймає вигляд:

$$P = 100 - \sum_{i=1}^N (1 - f_i), \quad (6)$$

де i – номер точки, що затінюється СЗУ.

У [9] розглянуто визначення знижувальних коефіцієнтів зовнішнього затінення від смуг дерев, які найчастіше використовуються в Україні для рядових посадок у містах: тополя, кінський каштан, клен та ялина.

Насьогодні визначені також коефіцієнти зовнішнього затінення для зелених СЗУ, що показані на рис. 2.

У розрахунках прийнята базова товщина масиву $b = 400$ мм. Проведений також аналіз впливу зміни товщини масиву на значення часткових коефіцієнтів затінення. Досліджувались товщини зеленого масиву від 200 мм до 1000 мм. У період опалення частковий поправочний коефіцієнт затінення горизонту для звису, завіси та ребр, при зміні товщини зеленого масиву, змінюється незначно, що, безумовно, пояснюється тим, що в зимовий період відсутнє листя на рослинах. Інша ситуація в літній період охолодження.

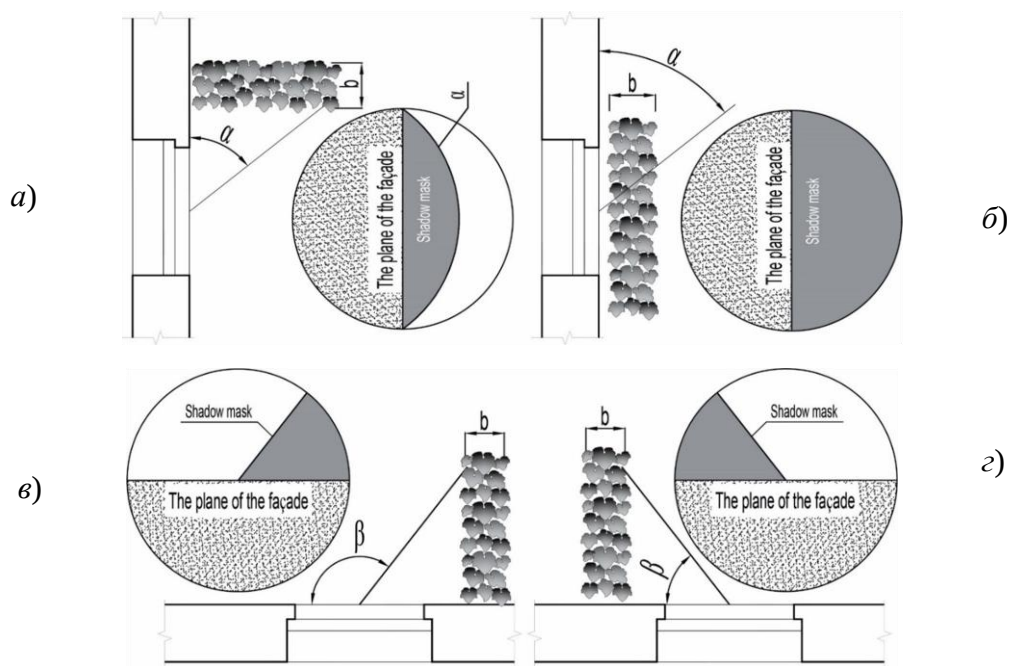


Рис. 2. Схеми для визначення кутів затінення від зелених конструкцій фасаду
 a – вертикальний кут α затінення звису та товщина зеленого масиву; $б$ – вертикальний кут α затінення завіси та товщина зеленого масиву; $в$ – горизонтальний кут затінення β ребра справа та товщина зеленого масиву; $г$ – горизонтальний кут затінення β ребра зліва та товщина зеленого масиву

У цей період, наприклад, для завісив при товщині $b = 200$ мм $F_{sh,O}$ зменшується на майже 20%, а при $b = 1000$ мм збільшується на таку ж величину.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. Київ : ДП «УкрНДНЦ». 2022. 156 с.
2. ДСТУ EN ISO 52016-1 Енергоефективність будівель. Енергопотреби для опалення та охолодження, внутрішні температури і навантаження за явною та прихованою тепло-тою. Частина 1. Методики розрахунку. Вид. офіц. Київ : International Organization for Standardization. 2017. 204 p.
3. Gorelov A.M. Illumination features of wooden plants intercrown space. In: News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, issue 3 (15), pp. 135–140, Samara (2013).
4. Sivajanani Sivarajah, Sean C. Thomas, Sandy M. Smith Evaluating the ultraviolet protection factors of urban broadleaf and conifer trees in public spaces. In: Urban Forestry & Urban Greening, issue 51, University of Toronto, Toronto (2020).
5. Zheng, X., Dai, T., & Tang, M. An experimental study of vertical greenery systems for window shading for energy saving in summer. Journal of Cleaner Production. 2020, 259, Article 120708.

6. Marta Hoi Yan, Kenneth IP, Andrew MILLER. Thermal shading effect of climbing plants on glazed facades. The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, September 2005. P. 27-29

7. Сергейчук О.В. Энергетические солнечные карты для расчёта эффективности солнцезащиты. / Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС, 2014. – Вып. 50. – С. 5-9.

8. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ: Мінрегіонбуд України. 2011. 127 с.

9. Sergeychuk O., Kozak Y. Determination of Shading Reduction Factors When Shading by Rows of Trees / Proceedings of the 21st International Conference on Geometry and Graphics. ICGG 2024, vol 217. Springer, Cham. – pp 13-20.

ФАКТОРИ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ УРБОЕКОСИСТЕМ

Старжинський П., Прокопенко І.

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
pavlostarzhynskiy@gmail.com, prockopencko.2017@gmail.com*

Оцінка екологічного стану водних об'єктів в умовах постійного антропогенного навантаження є однією з найгостріших проблем раціонального водокористування, охорони та їх відновлення.

Міські території на нинішньому етапі розвитку людства є найдинамічнішим середовищем для існування людини. Ці території вирізняються великою різноманітністю архітектурних об'єктів та значним ступенем перетворення складових природного середовища. Специфічність надають містам водні об'єкти різних типів. Найбільш поширеними у межах міських територій водними об'єктами є малі річки, струмки, ставки. Всі вони, поряд із великими річками, в долинах яких часто розташовані міста, формують їх неповторний вигляд, та, поруч з природними, виконують широкий спектр середовищесформуючих, соціокультурних і рекреаційних функцій.

Більшість прикладних географічних досліджень завершується наданням рекомендацій практикам, котрі зазвичай містять оцінки території, об'єкта або процесу. Для оцінювання ефективності процесу рекреаційного освоєння водних об'єктів міських територій та його наслідків важливо визначити і інтенсивність, і тривалість впливу. Формально, будь-яка оцінка є одним з різновидів класифікації. Для їх проведення обираються ознаки певних властивостей об'єктів, висуваються критерії ранжування та співвідпорядкування. Відносно просто така процедура проходить тоді, коли поділ відбувається за однією ознакою. Значно складніше її проводити, якщо таких ознак багато. Найбільш складний варіант виникає у випадку, коли поряд з кількісною характеристикою об'єктів у класифікації доводиться враховувати їх якісне різноманіття. Однозначний їх поділ стає малоімовірним, якщо

класифікація, що створюється, повинна мати багатоцільове призначення. Для розв'язання задач такого рівня складності найчастіше вдаються до бальних оцінок.

Шкалу оцінювання балів можна створити по-різному. Вона може бути рівномірною (рівноінтервальною) або довільною нерівномірною. Кількість класів також не обмежена. За допомогою шкал оцінювання кожному об'єкту присвоюється значення від нуля (або від одиниці) до якогось максимального числа балів. За необхідності, шкалу можна розширити або звужити. Оцінку кількох об'єктів за різними напрямками можна використати для складання інтегрованої оцінки за тим же принципом.

Для оцінки екологічного стану водних об'єктів міських територій потрібно звернути особливу увагу на вибір оціночних факторів та визначення ступеня їх важливості. З-поміж оціночних факторів варто враховувати генезис водного об'єкта (об'єкти природного походження, рекультивовані об'єкти, штучно створені водотоки та водойми), ступінь урбанізованості водного басейну (до 25%, 25-50%, 50-75%, понад 75%), рівень техногенної трансформації (ступінь спрямленості русла, наявність водосховищ тощо), гідрохімічні та гідробіологічні показники стану водної маси (класи якості води за ІЗВ, гідрохімічні індекси), біорізноманіття, рекреаційне значення та освоєність (водний об'єкт, облаштований для масового відпочинку, слабо облаштований, необлаштований, значущий чи малозначущий), соціально-культурну цінність об'єктів (об'єкти з високою соціальною привабливістю, що входять до складу високо цінних історико-культурних територій, мають більшу соціальну привабливість, ніж об'єкти, що знижують соціальну привабливість).

Надзвичайно важливі фактори, які висвітлюють ступінь екологічного занепаду. Зокрема, найліпший водний об'єкт розташований на природоохоронних землях в межах міста та зберігає свої природні екосистеми. Потім слідує об'єкти, яким притаманна незначна антропогенна деградація, за якої, однак, спостерігається антропогенно-напружений стан водних екосистем, зменшення кількості господарсько-цінних видів та погіршення санітарно-гігієнічних показників. Далі знаходяться об'єкти з помірною антропогенною деградацією, що характеризуються кризовим станом водних об'єктів. Процеси самоочищення не справляються з антропогенним навантаженням (періодично спостерігається цвітіння, поява гнилого запаху тощо). Найвищий ступінь екологічної деградації мають водні об'єкти, стан яких відповідає терміну «катастрофічний». Характерна глибока зміна водного режиму, вкрай несприятливі показники гідрохімічного та гідробіологічного режиму, збіднення біоти. Відновлення водного об'єкта під сумнівом.

Залежно від цілі дослідження, інтегрована бальна оцінка формується виходячи із суми значень факторів екологічного стану, відібраних для характеристики водних об'єктів конкретної міської території. Ранжування оцінки здійснюється з присвоєнням категорій терміну, що визначає

екологічний стан водного об'єкта. Кількість категорій доцільно узгоджувати з кількістю позицій факторів екологічного стану.

Застосування ГІС-технологій для візуалізації даних, здобутих бальними оцінками екологічного стану водних об'єктів, дає змогу з високим ступенем наочності презентувати матеріали досліджень та дозволяє вносити оперативні зміни як до набору факторів, так і до статистичних показників. Здобута оцінка екологічного стану водних об'єктів міських територій дозволить планувати управління територією міста за водним фактором з врахуванням чинників техногенного навантаження, відстежувати їх стан при вчасному оновленні даних та планувати інженерне облаштування своєчасно та коректно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Денисик Г.І. Антропогенні ландшафти Правобережної України. – Вінниця: Арбат, 1998. – 292 с.
2. Чайка В.С. Урбоекологія. Підручник / В.С. Чайка. – Вінниця: ВДСУ, 1999. – 368 с.
3. О.С. Волошкіна, О.Г. Жукова, І.Б. Кордуба, Д.І. Маршалл. Методичні підходи до оцінки забруднення поверхневих водних об'єктів в зоні дії гірничо-видобувних підприємств (на прикладі Донецько-Придніпровського регіону). Екологічна безпека та природокористування, № 3 (39), 2021. DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2021.3.69-75>

ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ЯК ПРІОРИТЕТ ЗЕЛЕНОГО КУРСУ РОЗВИТКУ ТА ОРІЄНТИР ПОЛІТИКИ ІДЕНТИЧНОСТІ

Стеценко Світлана Власівна

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
stecenko.sv@knuba.edu.ua*

В умовах російсько-української війни та повоєнного розвитку особливого значення набуває формування політичного порядку денного щодо пріоритетів суспільного розвитку України. Суб'єктами розвитку виступають держава і суспільство як носій відповідних запитів. В українському суспільстві існують високі запити на безпеку та соціальний добробут, які співвідносяться з просуванням перспективних пріоритетів та ефективних управлінських рішень. В політико-інституційному контексті «життєво необхідно переконатися, що держава може збільшувати свої можливості у відповідь на зростання потреб суспільства... Для цього необхідні нові способи, у які суспільство зможе стежити за державою й елітами та контролювати їх». [1]

Автори цього висновку, лауреати Нобелівської премії з економіки за 2024 р. Дарон Аджемоглу та Джеймс Робінсон наголошують, що корисність втручання держави вимірюється не лише економічно, а за політичними наслідками, зокрема, політико-екологічними. Для наукових співтовариств, носіїв різних ідентичностей, лідерів громадської думки актуалізується завдання розробки та аргументації вибору орієнтирів у рамці загального

імперативу розвитку.

Необхідно обґрунтувати логіку дискурсів про розвиток в умовах обмежених ресурсів та запропонувати такі наративи, які можна адаптувати до кризових фаз вітчизняної та світової політичної динаміки. Йдеться про розробку відповідно до нових викликів, зокрема, зеленого проєкту розвитку, зеленого будівництва, і одночасно про формування нової політичної ідентичності як позитивної ідентичності розвитку, що складає основу соціокультурного суверенітету України.

В нинішніх реаліях політика ідентичності виступає ціннісно-змістовою домінантою ресурсного потенціалу України. В ній закарбована єдина система сенсів, що консолідує політичну націю заради майбутнього: справжня сила у волі; захищати своє до кінця; адаптивність; інноваційність; екологічність. Для воюючої України геополітичний посил про «мир через силу», що мусується у політичній риторичі адміністрації Д. Трампа, означає відхід США від світового лідерства та руйнацію євроатлантичного стратегічного партнерства. Рівновага та модераторство між жертвою та агресором сприймається як умиротворення останнього.

Воююча Україна прагне справедливого миру, а не тимчасового перемир'я. Нова українська модель стратегічної асиметрії ведення війни вивчається та інтегрується провідними арміями світу.

В воєнних умовах політика ідентичності зосереджується на формуванні ідентичності, що фіксує зміну когнітивних установок та підходів до сприйняття і осмислення зміни епох. Українська національна ідентичність вийшла за межі «вузької» теми наукових ідентитарних студій і являє собою потужний інвестиційний ресурс нематеріального відновлювального характеру суспільного розвитку. Залишається питання: як конвертувати українську національну ідентичність не лише в репрезентацію спільних цінностей з політикою та економікою, а в стійке відповідальне партнерство.

В цьому контексті йдеться, насамперед, про імператив розвитку у версії сталого розвитку. Комплексний характер цього концепту в політико-економічному полі покликаний вирішувати завдання синтезу соціальних, економічних та екологічних проблем. [2] Йдеться про поєднання «зеленої» ідеї як основи загальноєвропейського ціннісного консенсусу, що імпліцитно наділений якістю універсальності, з соціально-гуманітарними складовими.

Екологічність програм розвитку враховує ключову мотивацію: задоволення потреб сучасних поколінь в умовах обмежених ресурсів без нанесення шкоди можливостям наступних поколінь. У воюючій Україні екологічність актуалізована через зелений курс розвитку. Привабливість такого підходу полягає у впровадженні чистих технологій, у ставці на використання відновлюваних ресурсів. Одночасно складно прогнозувати екологічність проєктів розвитку за умови мертвої землі, що залишає за собою екзистенційний рашистський ворог. Ліквідація заподіяного ворогом екоциду є тривалим процесом, що вимагає значних ресурсів.

Екологічність в українській національній ідентичності позначена

архетипічним символізмом «доброї», «ласкавої», родючої землі, що повертає націю в її природне середовище, сприяє передачі досвіду поколінь. Екологічність як ціннісно-засаднича ознака української національної ідентичності виразно акцентується в наративному характері тисячолітніх традицій поваги українців до природи, гармонії з природою, дбайливого ставлення до неї. Через конкретні літописні історії від часів Київської Русі та відповідних переказів протокиївського періоду формується історична пам'ять українців як складова політики ідентичності, що містить відомості, зокрема, політико-правового регулювання відносин «людина-суспільство-природа».

Провідний політолог, професор політології Стенфордського університету Френсіс Фукуяма небезпідставно акцентує, що в категоріях ідентичності, які він вважає універсальними, якнайкраще можна дослідити і пояснити витoki діяльнoї мотивації людей. Вчений звертається до «Держави» Платона (Книга четверта), коли Сократ з його учнями розмірковують над початками людської психіки, які слугують мотиваторами життєдіяльності. Вихідні умови діалогу такі: спрагли люди з одного боку, наявність лише забрудненої води як об'єктивні обставини. В ситуації опозиції перемагає «розсудливе начало» - не пити, хоча воно протистоїть і «діє всупереч ірраціональному жадаючому началу». [3] З подальшим розгортанням діалогу учасникам вдалося виявити третє, духовне начало – тимос, що з грецької означає «дух».

Цей третій ціннісний складник людської психіки діє незалежно від перших двох – бажання і розуму, і є вираженням потреби людей у визнанні їх значущості, позитивної оцінки їх діяльності. Поняття «тимосу» як універсального аспекту людської сутності та осередку суджень про гідність лежить в основі сучасного розуміння ідентичності та формує царину політики ідентичності, коли народ, нація вимагають визнання їх цінностей та гідності.

Сьогодні в центр уваги політики ідентичності висуваються питання співвідношення держави і цивілізації, здатності держави накопичувати та спрямовувати ресурси, що акумулюються в просторі культурно-цивілізаційної взаємодії. Важливо не допустити відходу від традиційних орієнтирів ідентичності, не вдаватися до політизації, яку намагаються внести носії протилежних ціннісно-світоглядних позицій в угоду партійно-політичній кон'юктурі.

Не вичерпуються гібридні загрози політиці ідентичності з боку рашистської держави-агресора, яка не обмежується поширенням фейків, маніпулятивних вкидів, а генерує все нові наративи до вже існуючих про історичну єдність українців та росіян, про належність до єдиної цивілізаційної моделі, використовуючи при цьому чутливий для української національної ідентичності релігійний фактор.

В своїй генезі та наслідках історична пам'ять українців утримує кульмінаційну вершину суспільно-політичної демонстрації української національної ідентичності: в ході еволюції Євромайдану в Революцію гідності з запахом крові під час розстрілу Небесної сотні. Меморіалізація та

комемо́рація цієї історичної події - важлива складова політики ідентичності. Формування національних комемо́ративних практик, стратегія вибудови суспільних церемоніалів являє собою демонстрацію консолідації єдності українського суспільства та політичної нації. Через інституціоналізоване вшанування колективної пам'яті героїв, актуалізацію подій, образів, персоналій минулого відбувається осмислення не лише минулого, а й нинішнього та майбутнього.

Пріоритети бажаного майбутнього, зелений курс розвитку обумовлені забезпеченістю ресурсами, зокрема, можливостями нарощування соціального капіталу, ефективність якого визначається мотивацією громадян, взаємозв'язком їх життєдіяльності, майбутнього їх дітей та внуків з перспективами розвитку відповідних громад, країни. На цих базових засадах формується нова якість української національної ідентичності як позитивної ідентичності розвитку.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аджемоглу Д., Робінсон Дж. Вузкий коридор. Держави, суспільства і доля свободи / пер. з англ. Г. Шпак. К.:Наш формат, 2020. 520 с.
2. Hickel, J., & Kallis, G. (2020). Is green growth possible? *New Political Economy*, 25(4), 469-486.
<https://doi.org/10.1080/13563467.2019.1598964>
3. Фукуяма Ф. Ідентичність. Потреба і гідності й політика скривдженості/ пер. з англ. Т. Сахно. К.: Наш Формат, 2020. 192 с.

ПРО ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ЗАКРІПЛЕНОГО БІОЦЕНОЗУ В БІОРЕАКТОРАХ ПРИ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД

Телима Сергій Васильович

Інститут гідромеханіки НАН України, sertelyma@gmail.com

Ефективність видалення органічних забруднень та сполук азоту в різних біореакторах (аеротенках з додатковим завантаженням з фіксованим біоценозом, затоплених та краплинних біофільтрах) пов'язана з формуванням високої концентрації біомаси (біоплівки) на їх поверхні на одиницю об'єму біореактора. Біоплівка - це гелеподібне скупчення мікроорганізмів та інших частинок, занурених у позаклітинні полімерні речовини (EPS). Біоплівка містить воду, але її основна характеристика полягає у твердій фазі. Хоча рідина становить основну частину біоплівки, тверді частинки є основними, оскільки вони визначають її реакційні та структурні якості при очищенні стічних вод від різних забруднень. Тверда частина біоплівки має складну гетерогенну багатокомпонентну структуру та складається, як правило, з гетеротрофних та автотрофних мікроорганізмів, інертної біомаси та позаклітинних полімерних речовин. Спроби врахувати складну гетерогенну структуру при моделюванні процесів, що відбуваються в біоплівках, розглянуті, наприклад, у роботах [1,4,5].

Проаналізовано результати розрахунків видалення органічних забруднень з використанням різних моделей біоплівки, а саме : двовимірних моделей (клітинний автоматизм), одновимірних нелінійних моделей за програмою AQUASIM та результатів моделей Моно, які показали, що має достатнє місце відповідність розрахункових даних, отриманих на різних моделях, з даними чисельного моделювання. Так, порівняння з даними одновимірних моделей і чисельного моделювання для потоків становить 10–15%, а для концентрацій на виході з реактора - 4%, а при порівнянні з даними двовимірної моделі для потоків - 4%, а для концентрацій на виході з реактора - 9% [2,3] .

Водночас досліджено питання, як структура біоплівки та зовнішні умови, а саме, гідродинаміка потоку навколо зовнішньої поверхні біоплівки , що забезпечує біоплівку поживними речовинами, впливають на масоперенос та процеси їх утилізації в біоплівці. Для реалізації таких складних математична моделей використовується відоме рівняння гідродинаміки Нав'є-Стокса та масообмін з використанням нелінійної кінетики реакцій. Окрім того, проаналізовано спроби враховувати в моделях неплоску (криволінійну) геометрію поверхні біоплівки за допомогою коефіцієнта A_e , який відображає геометричну структуру біоплівки та відповідає більшим значенням у порівнянні з плоскою біоплівкою ($A_e = 1,0$) . Для різних форм біоплівки отримані значення A_e , які змінюються в межах $A_e = 1,0-2,5$. Чим більша нерівномірність та геометрія структури біоплівки , тим більше піків має біоплівка і тим більше значення A_e . Крім того було також з'ясовано, що геометрична форма впливає на відомі критерії потоку Re , Se , Pe , Sh поблизу біоплівки, та запропоновано деякі рекомендації щодо їх визначення, а також результати оцінки впливу нерівностей поверхні на формування гідродинамічних умов на процеси, що відбуваються в біоплівці.

В результаті аналізу існуючих теоретичних та експериментальних досліджень було зроблено висновки , що під час розробки та використання моделей біоплівок достатньо обмежитися розглядом та вивченням біоплівок з плоскою поверхнею [3,4,6] .

Розробка практичних методів розрахунку біологічного очищення стічних вод за допомогою закріпленого біоценозу (біоплівки) може базуватися на впровадженні моделей плоских гетерогенних та гомогенних біоплівок. В перших моделях, які в основному використовувались для видалення одного субстрату за стаціонарних умов масопереносу приймалися умови однорідності структури біоплівки, в якій видалення субстрату реалізувалося за допомогою простої лінійної кінетики реакцій. Пізніше такі моделі були доповнені врахуванням таких важливих процесів, як розпад та відшарування, що особливо доцільно враховувати при значній товщині біоплівки та при тривалих режимах роботи біореакторів. При цьому для визначення товщини біоплівки запропоновано використовувати наступне балансове рівняння росту, розпаду, адгезії та відшарування[1,6]:

$$\frac{d\delta}{dt} = u_F(\delta) + u_{as} - u_{ds}, \quad (1)$$

де $u_F(\delta)$ - швидкість росту та розпаду всередині біоплівки, u_{as} - швидкість адгезії, u_{ds} - швидкість відшарування від поверхні біоплівки.

На основі реалізації загального рівняння (1) для дослідження динаміки формування активної товщини біоплівки для умов однорідної структури запропоновано наступні рівняння залежно від прийнятої кінетики росту. При видаленні органічних забруднень біоплівкою найчастіше використовується наступне рівняння [1,2,7] :

$$\frac{d\delta}{dt} = \int_0^\delta \left(\frac{Y\mu_{\max}L}{K_{mL} + L} - b - b_s \right) dz. \quad (2)$$

Для умов впливу інгібуючої дії інших речовин (кінетика рівняння Халдейна) пропонується наступне рівняння:

$$\frac{d\delta}{dt} = \int_0^\delta \left(\frac{Y\mu_{\max}L}{K_{mL} + L + \frac{L^2}{K_L}} - b - b_s \right) dz. \quad (3)$$

Для визначення загальної товщини біоплівки, що утворюється на гранулах біофільтра , доцільно використовувати наступне рівняння:

$$\frac{d\delta}{dt} = \frac{Y \int_0^\delta \left(\frac{K \cdot L}{K_{mL} + L} X \right) 4\pi(r_d + r_\delta)^2 dr_\delta}{A_\delta X} - b\delta, \quad (4)$$

де $0 \leq r_\delta < \delta$, A_δ - площа поверхні гранул, r_d, r_δ - радіуси гранул та біоплівки відповідно.

Для визначення товщини біоплівки δ , що утворюється в умовах процесу нітрифікації під час видалення амонійного азоту NH_4 в крапельному біофільтрі, запропоновано наступне рівняння [1,6]:

$$\frac{d\delta}{dt} = \int_0^\delta \frac{(\mu(C_{NH_4})X_1 + \mu(C_{O_2})X_2) - K_{d1}X_1 - K_{d2}X_2}{\rho_e} dz, \quad (5)$$

де ρ_e – густина біоплівки.

У випадку комбінованої екстракції органічних забруднень та азотних сполук для визначення загальної активної товщини біоплівки на сферичній гранулі завантаження у затопленому фільтрі можна застосовувати наступне рівняння [1,8]:

$$\frac{d\delta}{dt} = \frac{\int_0^\delta (Y_L K_L \gamma + Y_N K_N (1 - \gamma)) 4\pi(R + r_\delta)^2 dr_\delta}{A_\delta} - [b_H \gamma + b_A (1 - \gamma)] \delta, \quad (6)$$

де $0 < r_\delta \leq \delta$, R - радіус гранули, r_δ - радіус біоплівки, A_δ - площа гранули, b_H, b_A - загальна швидкість втрати бактерій внаслідок дезінтеграції та сепарації рідини, Y, K, γ - відомі параметри реалізації моделі.

У практичних розрахунках за стаціонарних умов та без урахування пограничного шару для визначення товщини біоплівки можна використовувати спрощене рівняння балансу [6,8] :

$$\frac{YN}{X} - b_s \delta - u_{ds} = 0, \quad (7)$$

де $\frac{YN}{X}$ – зростання біоплівки, $b_s \delta = (b_{in} + b_{res})$ розпад біоплівки, b_{in}, b_{res} – відповідно коефіцієнти інактивації та ендogenous дихання, u_{ds} – швидкість відшарування від поверхні біоплівки.

Для визначення швидкостей u_{ds} найбільш поширена залежність має наступний вигляд [3,4,8] :

$$u_{ds} = b_s \delta, \quad (8)$$

що широко використовується у вищезгаданих моделях, а також залежність виду:

$$u_{ds} = K_d \delta^2. \quad (9)$$

Отже, якщо врахувати реакцію нульового порядку під час видалення органічних забруднень, то значення $N = w_L \delta$, $w_L = \frac{\mu_{max} X}{Y}$, а значення коефіцієнту сепарації буде згідно (9) на основі рішення (7) і тоді

$$\delta = \frac{\mu_{max} - b_s}{K_d}, \quad (10)$$

При визначенні потоку за допомогою кінетики Моно, але без урахування пограничного шару, швидкість відриву приймається також за формулою (9) .

Формування стаціонарної (постійної) товщини біоплівки відбувається у значних часових масштабах. Якщо такі процеси, як дифузія субстрату та гідродинаміка потоку, відбуваються протягом кількох хвилин, досягаючи стаціонарних умов, то формування товщини біоплівки вимагає щонайменше кількох днів і навіть тижнів. При використанні пліткових моделей для основних процесів, що відбуваються в біоплівці, запропоновано деякі рекомендації щодо визначення часу досягнення стаціонарного стану. Наприклад, при коефіцієнті молекулярної дифузії $D_L = 8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{доба}$ (для ацетату) $\delta = 500 \text{ мкм}$ стаціонарний стан досягається через 4,5 хв. Розрахунки показали, що час досягнення стаціонарного стану для мікроорганізмів у середині біоплівки становитиме від днів до тижнів [1-3] .

Таким чином, під час розрахунку товщини біоплівки доцільно визначати час, коли в біоплівці досягається стаціонарний режим роботи .

Згідно з рівнянням (6), можна оцінити втрати біомаси внаслідок розпаду та відшарування в умовах конкуренції між гетеротрофними та автотрофними бактеріями , а також дослідити вплив окислення амонію на процеси відшарування при різному органічному завантаженні. Розроблено деякі рекомендації щодо теоретичного обґрунтування моделювання структури біоплівки під час одночасного видалення амонійних та органічних забруднювачів при різних концентраціях у стічних водах. В результаті прийнято математичну модель, що враховує процеси розпаду та відшарування

та зазначено її особливості при очищенні стічних вод у складних умовах. Зокрема, показано, що гідродинаміка потоку навколо біоплівки суттєво впливає на процеси відшарування та формування стабільної роботи біоплівки.

Аналіз стану формування біоплівки показує, що замість складних моделей гетерогенної біоплівки, які базуються на врахуванні складних процесів очищення стічних вод у біореакторах, доцільно використовувати гетерогенну одновимірну модель у практичних розрахунках та застосовувати відомі підходи та принципи, що застосовуються при вивченні гомогенних біоплівок. У запропонованій гетерогенній моделі біоплівка поділяється на скінченну кількість однорідних шарів і кожен з цих шарів моделюється як однорідний шар. Вплив гетерогенності біоплівки враховується на основі властивостей кожного шару. В результаті досліджень стратифікованої біоплівки з урахуванням змінної ефективної дифузії та щільності біоплівки встановлюються основні характеристики, що відрізняють її від однорідної біоплівки. Водночас було виявлено, що поживні речовини, які обмежують ріст, проникають глибше в стратифіковану біоплівку, ніж в однорідну. Після корекції існуючих моделей однорідної біоплівки та специфічних умов очищення результати досліджень, отримані таким чином, можуть бути використані в розрахунках стратифікованих біоплівок. Також показано, що результати досліджень запропонованих моделей стратифікованих біоплівок добре узгоджуються з експериментальними даними [2,5,8].

У майбутньому планується провести дослідження для оцінки можливого впливу на формування параметрів біоплівки таких факторів та процесів, як температура, рН (лужність), наявність токсичних та інших речовин. При розробці математичних моделей та інженерних методів розрахунку параметрів біоплівки важливими є також питання обґрунтування значень початкових параметрів (коефіцієнтів), що входять до рівнянь та залежностей під час практичної реалізації біоплівкових моделей.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Lewandowski Z.,Beynal H.(2014).Fundamentals of biofilm research. CRC Press.157p.
- 2.Laspidou C.S.,Rittmann B.F.(2002).Non-steady state modeling of extracellular polymeric substances, soluble microbial products and active biomass. Water Res. №36.PP.1983-1992.
- 3.Lee M.W., Park J.M.(2007).One-dimensional mixed-culture biofilm model considering different space occupancies of particulate components. Water Res. vol.4.PP.4317-4328.
- 4.Perez M.,Piccioreanu C.,van Loosdrecht M.(2005). Modelling biofilm and flosdiffusion processes based on analytical solution of reaction - diffusion equations.Water Res.vol.39.PP.1311-1323.
- 5.Ebert H.I.,Piccioreanu C.,Heijnen I.I.,van Loosdrecht C.M.(2000). A three-dimensional numerical study and the correlation of spatial structure, hydrodynamic conditions, masstransfer and conversion in biofilms. Chem.Eng.Science. vol.55.PP.6209-6222.

6.Henze M.,van Loosdrecht M.E.,Ekama G.A.,Brdjanovic D.(2008). Biological Wastewater Treatment.IWA Publyshing. London.511p.

7.Laspidou C.S., Rittmann B.F.(2004). Modeling the development of biofilm density including active bacteria, inert biomass and extracellular polymeric substances.Water Res. vol. 38.PP.3349-3361.

8.Олійник О.Я.,Телима С.В., Калугін Ю.І., Олійник Є.О.(2023).Теоретичний аналіз процесів очищення стічних вод від органічних забруднень гетерогенною біоплівкою.Доповіді НАН України. 5, С.5-8.

ПЕРШІ УКРАЇНСЬКІ СТАНДАРТИ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА

Тетяна Ткаченко, Віктор Милейковський

*¹Київський національний університет будівництва і архітектури,
tkachenko.tm@knuba.edu.ua, mileikovskiy.vo@knuba.edu.ua*

Цього року в українському зеленому будівництві відбулися дві знаменні події:

- на обговорення винесено перший в Україні стандарт добровільної сертифікації СОУ OEM 08.002.41.032:20XX «Громадські будівлі. Екологічні критерії та метод оцінювання життєвого циклу на етапах проєктування та будівництва» [1];

- на обговорення винесено перший у світі стандарт на дослідження тепломасообмінних процесів у зелених конструкціях ДСТУ XXXX-20XX «Захист довкілля. Зелені конструкції. Метод випробування тепломасообмінних процесів у рослинних шарах» [2].

СОУ OEM 08.002.41.032:20XX установлює вимоги та критерії рейтингового оцінювання життєвого циклу громадських будівель згідно з [3] на етапах планування, проєктування будівництва та прийняття об'єкта будівництва в експлуатацію.

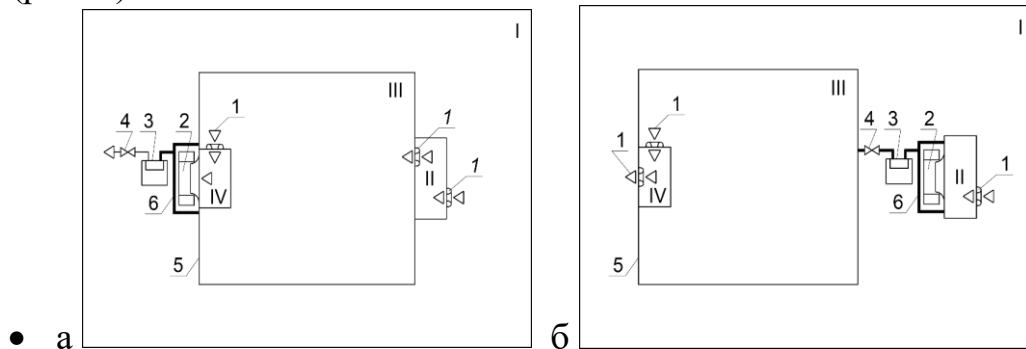
При розробленні стандарту враховано міжнародний досвід, викладений у стандартах LEED, BREEAM, DGNB тощо. Тому оцінювання життєвого циклу починається з управління будівництвом від етапу планування до введення в експлуатацію з подальшим експлуатаційним обслуговуванням. Значну увагу приділено інноваціям та гарантуванню їхнього належного функціонування.

Унікальною особливістю стандарту є те, що вперше у світі оцінюється інтегрування озеленення території, зовнішнього та внутрішнього озеленення будівлі в проєкт для вирішення екологічних, технічних і соціальних завдань. Також уперше стандартизується забезпечення можливості не лише відпочинку, а й роботи в природному середовищі. Як показує практика, це підвищує продуктивність, фізичне та ментальне здоров'я. Також стандартом передбачено збільшення площі озеленення створенням схилів і пергол, зокрема фальшивих пергол без доступу людини під неї. З урахуванням цих можливостей рекомендується не лише відновлювальне озеленення, але й

збільшувальне. Це передбачає, що будівництво надає позитивний вплив на довкілля з огляду на площі ґрунту/субстрату для рослин і біорізноманіття. Також значну увагу приділено забезпеченню догляду за рослинами. Ці особливості стали можливими завдяки унікальним систематичним дослідженням позитивних ефектів зелених конструкцій, проведеним у КНУБА.

Стандарт враховує досвід російсько-української війни. На відміну від світових стандартів, рекомендовано не лише забезпечити доступність середовища, але й можливість швидкого деактивування всіх інформаційних показників, що критично важливе в разі раптової військової або терористичної небезпеки. Також унікальною особливістю є забезпечення безперервного життєзабезпечення будівель в умовах можливих перебоїв тепло- електро- та водопостачання.

ДСТУ XXXX-20XX уперше у світі стандартизує метод дослідження тепломасообміну в рослинних шарах зелених конструкцій. Він охоплює понад 10 років досвіду експериментальних досліджень теплотехнічних характеристик і газообміну в рослинних шарах. Стандарт визначає методи випробування опору теплопередачі та охолоджувального ефекту рослинного шару на зелених покриттях, вертикального й горизонтального озеленення будівель ампельними рослинами, а також газообміну рослин у газообмінній камері (рис. 1).



Умовні позначки:

а—встановлення газообмінної зони на всмоктуванні;

б—встановлення газообмінної зони на нагнітанні;

I—зона приготування модельного повітря;

II—вхідна зона;

III—газообмінна зона;

IV—вихідна зона;

1—отвір для проходу повітря, який рекомендовано обладнати колектором;

2—вентилятор;

3—витратомір;

4—регулятор витрати;

5—герметизовані стінки;

6—герметичні стінки, канали, повітроводи тощо

Рис 1. Приклади компонування газообмінної камери

Для освітленості рослин стандарт встановлює спеціальну редуковану фотометричну величину – фітолюкс (фтлк) – зважену за типовим спектром активності фотосинтезу $p(\lambda)$ наземних рослин (рис. 2) таким чином, щоб при сонячному спектрі (рис. 3) фітолюкс чисельно дорівнював люксу.

Дослідження опору теплопередачі та охолоджувального ефекту рослинного шару зелених покриттів виконують на моделях на рис. 4. Методика виконання досліджень передбачає моделювання розподілення теплових потоків у шарі ґрунту або субстрату за виміряними полями температури задля уникнення відокремлення живих рослин.

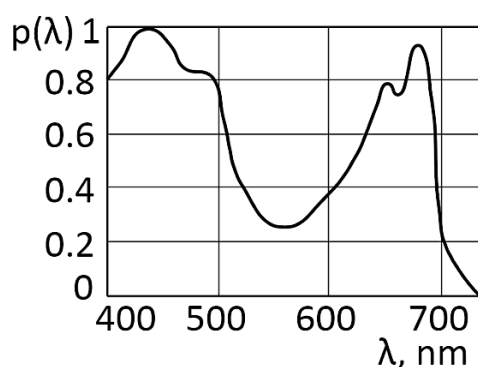


Рис 2. Типовий спектр активності фотосинтезу $p(\lambda)$ наземних рослин

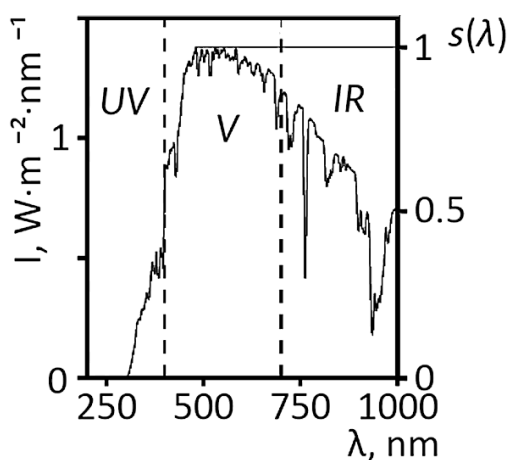


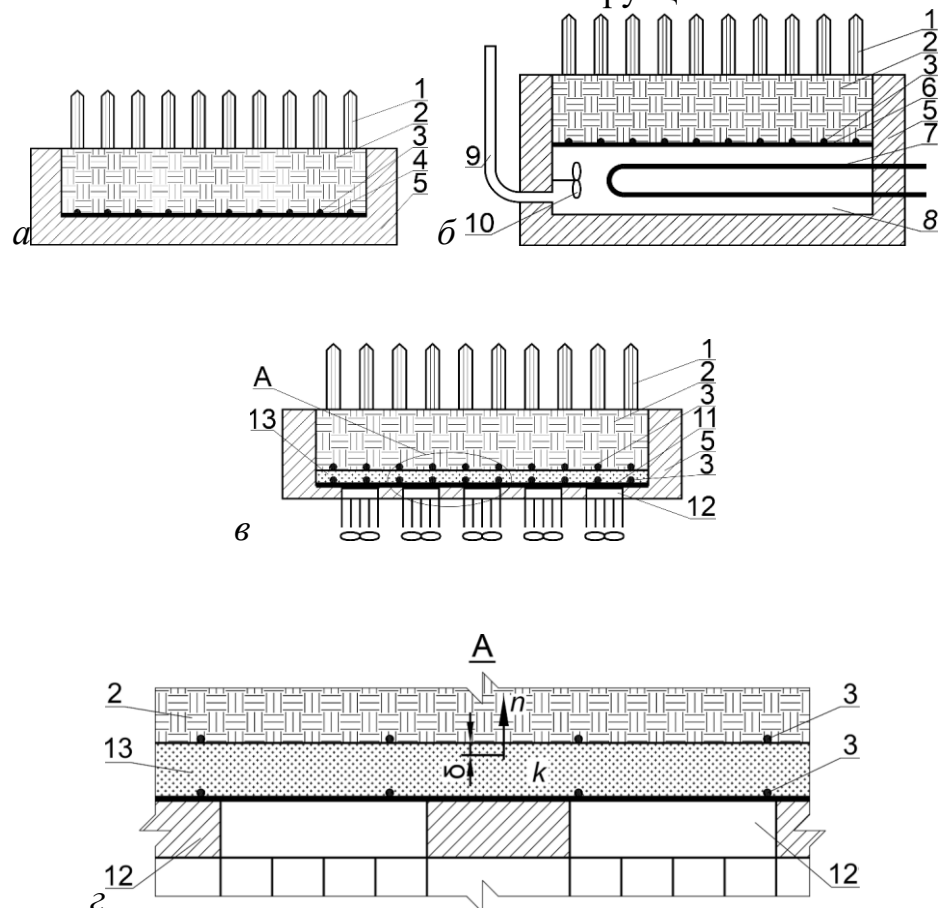
Рис 3. Фрагмент графіка стандартної спектральної густини випромінювання сонячної радіації на рівні моря

Методики дослідження опору теплопередачі вертикального та горизонтального озеленення значно простіші і передбачають безпосереднє формування потрібного теплового потоку під рослинним шаром (рис. 5).

Ці два стандарти є першими в Україні спеціалізованими стандартами зеленого будівництва. Вони є не просто калькуванням інших світових стандартів, але враховують як передові світові практики, адаптовані до умов України, так і власні напрацювання.

На сьогодні продовжується розроблення стандарту ДСТУ XXXX-20XX «Захист довкілля. Зелені конструкції. Технічні умови», який стане одним з передових стандартів на будівництво не лише зелених покриттів, але й стін,

вертикального озеленення та інших зелених конструкцій.



Умовні позначки:

а—з електричним нагрівачем або теплообмінною пластиною зі змійовиком;

б—з теплорозподіленням рідиною або газом;

в—з модулями Пельтьє або іншими окремими джерелами теплоти/холоду;

г—калібрований шар або модель однорідного шару;

1—рослинний шар;

2—грунт або субстрат;

3—датчики температури;

4—нагрівач або пластина з каналом для теплохолодоносія;

5—утеплювач;

6—теплопровідна пластина;

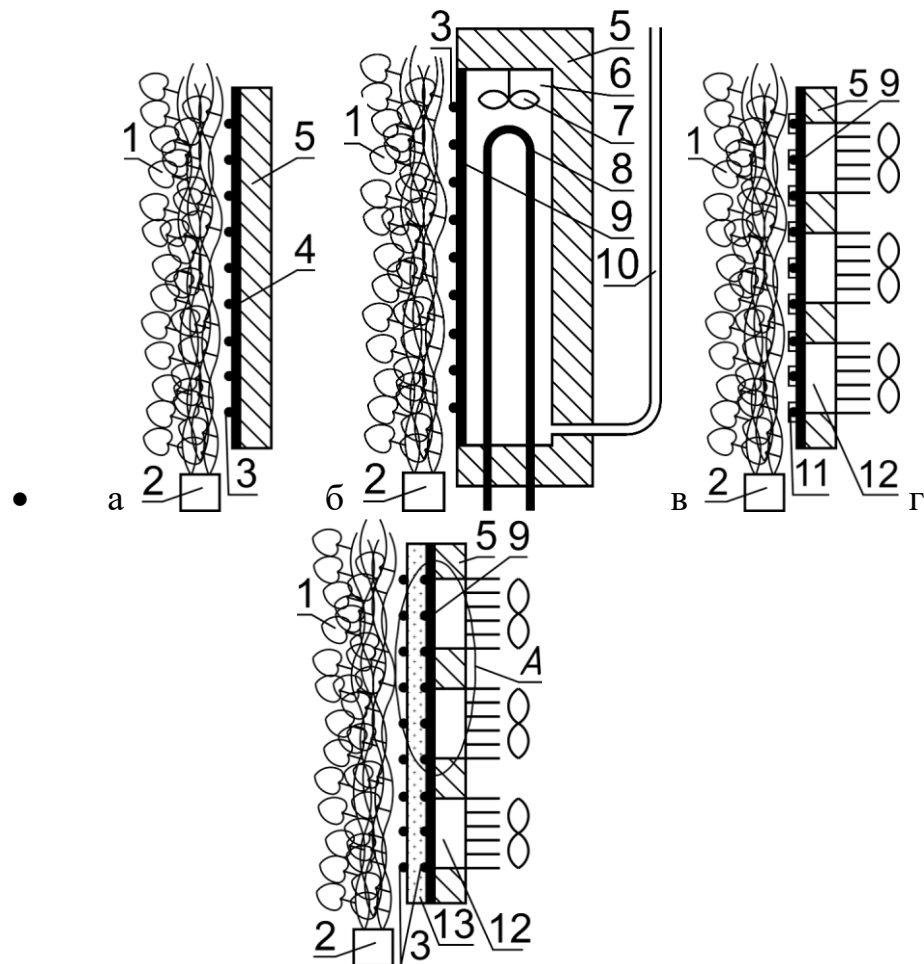
7—теплообмінник або теплоелектронагрівач (гладкий, ребристий тощо);

8—порожнина з рідиною або газом (повітрям);

9—розширювальна трубка або приєднання розширювального бака (при газовому заповненні не обов'язково);

10—перемішувач

Рис 4. Схеми моделей зеленого покриття



Умовні позначки:

а—з навиванням в'юнких рослин на нагрівач;

б—з калібратором температури;

в—з модулями Пельтьє;

г—з модулями Пельтьє і каліброваним шаром;

1—рослинний шар;

2—лоток з ґрунтом;

3—місце розміщення датчика температури;

4—електричний нагрівач;

5—теплоізоляція;

6—порожнина з водою або повітрям або іншою рідиною чи газом;

7—перемішувач;

8—теплообмінник або ТЕН;

9—теплорозподільна пластина;

10—розширювальна трубка або приєднання розширеного бака;

11—місце встановлення датчика температури та теплового потоку;

12—модуль Пельтьє;

13—калібрований шар згідно з рис. 4

Рис 4. Схеми моделей вертикального і горизонтального озеленення

Серед переваг стандарту – кількісний розрахунок різних позитивних ефектів зелених конструкцій, організація шляхів міграції біоти вглиб щільно забудованих міст тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. СОУ ОЕМ 08.002.41.032:20XX. Громадські будівлі. Екологічні критерії та метод оцінювання життєвого циклу на етапах проєктування та будівництва. Друга редакція. URL: <https://kbu.org.ua/news/obhovorennia-druhoi-redaktsii-proiektu-standartu-sou-oem>. Опубл. 06.03.2025, 13:07
2. ДСТУ XXXX-20XX «Захист довкілля. Зелені конструкції. Метод випробування тепломасообмінних процесів у рослинних шарах». <https://uas.gov.ua/standardization/rozrobka-ta-skasuvannia/povidomlennia-pro-rozroblennia-natsion-15>. Опубл. 15.04.2025.
3. Закон України «Про будівельні норми».

ОЦІНЮВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ РИЗИКІВ ДЛЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА: ЦИФРОВІ ПІДХОДИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Олександр Трофимчук, Василь Триснюк

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України trysnyuk@ukr.net

Повномасштабна військова агресія російської федерації проти України створила безпрецедентні виклики для національної екологічної безпеки, завдавши глибокої шкоди природному середовищу, інфраструктурі, земельним, водним та лісовим ресурсам. Оцінювання військових ризиків для довкілля стало не лише актуальним науковим завданням, але й критичним елементом стратегії повоєнного відновлення України. Системна фіксація екологічних порушень, визначення масштабів шкоди та прогнозування довгострокових наслідків потребують застосування новітніх інформаційних технологій, зокрема геоінформаційних систем (ГІС), дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), штучного інтелекту та автоматизованих систем підтримки прийняття рішень [1]. Війна спричинила масові забруднення різних компонентів довкілля. За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, лише за перші півтора року бойових дій зафіксовано понад 2500 екологічних злочинів. Орієнтовна вартість шкоди довкіллю перевищує 2,6 трлн гривень. Водночас реальна шкода може бути значно більшою через довготривалі наслідки, які поки що важко оцінити. Зокрема, було знищено понад 100 тисяч гектарів лісів, забруднено понад 30 тисяч гектарів земель нафтопродуктами, в окремих районах концентрація важких металів у воді перевищує граничні допустимі концентрації у 5–10 разів. Серед основних екологічних ризиків, зумовлених війною, виділяють наступні: Забруднення ґрунтів залишками боєприпасів та важкими металами, включаючи свинець,

кадмій, миш'як та ртуть. В умовах постійних обстрілів, використання авіабомб, снарядів і мін, значна частина токсичних елементів потрапляє у поверхневий шар ґрунту, звідки мігрує у підземні води або накопичується у біомасі. Нафтопродукти належать до найнебезпечніших водних забруднювачів через здатність утворювати щільну плівку на поверхні водойм, що суттєво порушує процеси газообміну та призводить до деградації водних екосистем. За результатами наукових досліджень, площа територій, забруднених нафтопродуктами в Україні, перевищує 30 тисяч гектарів. Найбільш уразливими до такого впливу є підземні води, що слугують основним джерелом питного водопостачання для населення. Унаслідок руйнації промислових об'єктів до водного середовища потрапляють важкі метали, пестициди, феноли та інші токсичні сполуки. В окремих регіонах зафіксовані перевищення гранично допустимих концентрацій цих забруднювачів у річковій воді в 5–10 разів. Особливо складна екологічна ситуація спостерігається в басейнах річок Дніпро, Сіверський Донець та в Приазов'ї. Наслідками такого забруднення стало масове знищення водних біоценозів – загибель риб, водоростей та інших живих організмів. Крім того, погіршення якості питної води спричиняє зростання ризику розвитку хронічних захворювань серед населення, оскільки деякі токсичні речовини здатні зберігатися у водному середовищі протягом десятиліть, створюючи довготривалу загрозу для здоров'я людей. Атмосферне забруднення через вибухи, пожежі, детонацію боєприпасів. У повітря викидаються оксиди азоту, сірки, чадний газ, діоксини та інші токсиканти. У регіонах активних бойових дій рівень PM2.5 перевищує норму в 3–5 разів, а оксиди азоту — на 40–60%. Руйнування природних екосистем, включаючи знищення лісів, степів, заповідних територій. Близько 900 га лісів втрачено без можливості природного відновлення. Понад 1000 км² територій постраждали від пожеж, багато з яких були викликані обстрілами. Додаткові ризики створює міграція фауни, зниження біорізноманіття та поява інвазивних видів. У відповідь на ці виклики в Україні розпочато розробку Інформаційно-аналітичної системи екологічного моніторингу (IACEM), яка покликана забезпечити повноцінну оцінку екологічних наслідків воєнних дій та підтримати процес відновлення довкілля. Ключові компоненти цієї системи включають: Супутниковий моніторинг (Sentinel-2, Landsat-8), який дозволяє виявляти термічні аномалії, зміни рослинності, зонування ландшафтних пошкоджень [2]. Наприклад, на основі супутникових знімків у Здолбунівському районі вперше зафіксовано підповерхневі тління на полігоні ТПВ. БПЛА-моніторинг, що дозволяє фіксувати локальні осередки забруднення на небезпечних чи недоступних територіях. Завдяки БПЛА виявлено понад 120 точкових зон витоку нафтопродуктів у прикордонних районах Чернігівської області.

ГІС-база пошкоджених об'єктів, яка включає цифрові карти із геокоординатами зруйнованих підприємств, складів палива, полігонів ТПВ, очисних споруд. Це дає змогу будувати прогноз поширення забруднюючих речовин та пріоритезувати регіони для очищення. Автоматизовані модулі

оцінки ризиків, що враховують гідрогеологічні, атмосферні та біоіндикаторні дані. Наприклад, у Житомирській області такі модулі дозволили виділити 16 «гарячих зон» з високим ступенем міграції забруднювачів у водоносні горизонти. Інформаційні панелі (дашборди) для органів влади, які надають оперативну візуалізацію карт загроз, індикаторів стану води, ґрунтів, повітря, аналітики змін у реальному часі. Це забезпечує прийняття рішень у динамічному середовищі. Застосування методів штучного інтелекту — наприклад, класифікації змін у ландшафтах за допомогою машинного навчання — дає змогу оцінювати масштаби руйнувань навіть на тимчасово окупованих територіях. А інтеграція всіх даних в єдину екосистему дозволяє перейти від постфактум-аналізу до прогностного моделювання екологічних ризиків. Наукова новизна та практична значущість запропонованого підходу полягає в можливості створення динамічної цифрової карти екологічних втрат із зазначенням джерел, типу забруднення, потенційного впливу на здоров'я населення та екосистеми. Це відкриває перспективи для залучення міжнародної допомоги, екологічних репарацій, оцінки збитків для трибуналів та майбутніх судових позовів. У підсумку, військові ризики для навколишнього середовища є багатовимірними та тривалими. Ефективна система оцінювання таких ризиків повинна бути побудована на основі поєднання просторового аналізу, польових досліджень, статистики й автоматизованих ІТ-рішень. Це дозволить не лише ідентифікувати зони екологічної небезпеки, а й впровадити довгострокову стратегію екологічної реабілітації територій. Створення інформаційно-аналітичної системи екологічного моніторингу та її інтеграція з європейською екологічною політикою мають стати частиною нової повоєнної Екологічної доктрини України.

ЛІТЕРАТУРА.

1. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; Івано-Франківський нац. тех. ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2021. – 343 с. // ISBN 978-617-7468-53-9

[10.3997/2214-4609.201902083](https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902083)

2. Красовський Г. Я. Інвентаризація водойм регіону з застосуванням космічних знімків і геоінформаційних систем / Г. Я. Красовський, О. С. Волошкіна, І. Г. Пономаренко, В. А. Слободян // Екологія і ресурси. – 2005, вип. 11. – С. 19-41.

СИСТЕМИ РАДІОМОНІТОРИНГУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА КОНТРОЛЮ ЕФІРНОГО ПРОСТОРУ

Тарас Триснюк, Богдан Молодецький, Дмитро Мосійчук,

Володимир Дзюба, Володимир Фадеїчев

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН
України, taras24t@gmail.com*

Розвиток технологій бездротового зв'язку, стрімке зростання кількості джерел радіовипромінювання (ДРВ) та ускладнення спектру їх використання в УКХ-діапазоні потребують запровадження сучасних інформаційних систем, здатних забезпечити комплексний радіомоніторинг. В умовах інформаційної та екологічної безпеки важливим завданням є створення адаптивної системи виявлення, аналізу та просторового контролю активності ДРВ з урахуванням географічних, технічних та часових характеристик. Особливої ваги набуває використання геоінформаційних систем (ГІС) для інтеграції цих компонентів у єдиний інформаційний простір, що дозволяє візуалізувати, аналізувати та динамічно реагувати на зміну ситуації в ефірному просторі.

Джерела УКХ-випромінювання (від наземних комунікацій до повітряних платформ) відзначаються високою мобільністю, різноманітністю типів сигналів та складністю у фіксації [1]. Традиційні методи моніторингу не забезпечують належного рівня охоплення та швидкості реагування, що обумовлює актуальність розроблення нових підходів до збору, аналізу та просторової фіксації сигналів. ГІС-технології, поєднані з інформаційними системами обробки радіосигналів, дозволяють створити потужний інструмент для виявлення ДРВ, формування інтерактивних карт завантаженості частотного спектру та планування роботи постів радіомоніторингу. Просторове відображення даних на цифрових картах дозволяє в реальному часі визначати зони високої активності випромінювання, переміщення об'єктів та оцінювати ризики порушення частотного регламенту.

Інтеграція різнотипних даних (координати, час, модуляція, потужність сигналу) у структуроване сховище дозволяє реалізувати концепцію комплексного контролю [2]. ГІС-середовище забезпечує побудову динамічних шарів просторової інформації, де можна відслідковувати як стаціонарні, так і мобільні джерела сигналів. Це дозволяє виявляти джерела перешкод, проводити ретроспективний аналіз подій в ефірі та формувати стратегічні прогнози розвитку навантаження на спектр. Така система є особливо цінною у районах з високою концентрацією військових об'єктів, технологічної інфраструктури, густонаселених міст, де забезпечення безперебійної роботи комунікацій є критично важливим. Наукова новизна проєкту полягає у використанні ГІС як основного ядра просторової аналітики. Інформаційна система не лише фіксує сигнал, а й дає змогу виявити аномальні або несанкціоновані випромінювання, проаналізувати їхню активність у часово-просторовому вимірі та створити передумови для автоматизованого формування звітності. Завдяки візуалізації карти активності можна розробляти

сценарії попередження конфліктів між легальними користувачами ефіру та потенційно небезпечними джерелами.

Завдяки інтеграції з геоінформаційними системами (ГІС) ці карти можуть відображати щільність використання частот, накладати спектральні характеристики сигналів на конкретні географічні ділянки, а також виявляти перевантаження спектру в окремих точках. У разі виникнення перешкод або аномальної активності система здатна автоматично генерувати попередження про потенційний конфлікт між законними користувачами (наприклад, службами екстреного реагування, авіаційним чи морським зв'язком) та невстановленими джерелами випромінювання, які можуть створювати загрозу для безпеки зв'язку, навігації або роботи критичної інфраструктури [3]. Крім того, візуалізація карти активності дає змогу моделювати сценарії поширення сигналів на основі рельєфу місцевості, погодних умов або інженерних перешкод. Це дозволяє прогнозувати зони ймовірного конфлікту у разі запуску нових радіостанцій або зміни технічних параметрів існуючих систем. Такий прогнозний інструмент є особливо актуальним у містах з високою щільністю передавальних пристроїв, де просторове та частотне планування вимагає високої точності. У результаті можна не лише оперативно реагувати на наявні порушення, а й здійснювати превентивне управління частотними ресурсами, визначаючи допустимі зони для розгортання нових джерел випромінювання без ризику виникнення інтерференції. Завдяки поєднанню аналітики, просторового моделювання та автоматизованої оцінки спектрального навантаження, така карта стає ефективним інструментом інформаційної безпеки, стратегічного планування та раціонального управління радіочастотним ресурсом держави. Топографічні дані дозволяють точно враховувати рельєф місцевості, включаючи висоти, глибини, наявність підвищень або западин, що можуть суттєво впливати на якість прийому та поширення сигналів у метровому та дециметровому діапазонах. Геодезичні шари забезпечують точну просторову прив'язку джерел випромінювання та приймальних пунктів, дозволяючи моделювати лінії прямої видимості та зони тіньового екранування. Метеорологічні дані, включаючи температуру, вологість, атмосферний тиск, наявність опадів, інверсій або фронтів, дозволяють враховувати змінні характеристики середовища, які можуть викликати ефекти рефракції, затухання або підсилення сигналів. Це особливо важливо для моніторингу рухомих джерел випромінювання, зокрема авіаційних або морських платформ, для яких атмосфера відіграє вирішальну роль у якості зв'язку. Завдяки такій інтеграції зростає точність прогнозування зони покриття сигналом, зменшується кількість хибно позитивних або негативних спрацьовувань системи та оптимізується розміщення постів радіомоніторингу. Система отримує можливість не лише фіксувати факт випромінювання, а й пояснювати просторово-часову динаміку поширення сигналу, виявляючи джерела з потенційно небезпечним впливом або аномальними характеристиками. Це також сприяє зниженню ймовірності виникнення інтерференційних конфліктів, покращенню оперативного

управління спектром та підвищенню ефективності використання радіочастотного ресурсу.

Сучасна система, побудована на цих засадах, дозволить реалізувати багаторівневу архітектуру спостереження: з одного боку, вона забезпечує збір і зберігання даних у хмарному середовищі, а з іншого – пропонує модулі локальної обробки для постів радіомоніторингу, що можуть автономно виявляти порушення і передавати тривожні сигнали до центру управління. Завдяки ГІС-інтерфейсу можна формувати завдання для мобільних груп реагування, оптимізувати маршрути інспекцій, а також інтегрувати систему з іншими інструментами національної безпеки та моніторингу довкілля.

У підсумку, запропонована система є не лише технологічним інструментом, а й частиною нової парадигми управління ефірним середовищем – динамічної, адаптивної, аналітично обґрунтованої та інтегрованої в екосистему цифрової держави. Її впровадження сприятиме покращенню регуляторної політики, підвищенню рівня інформаційної безпеки, екологічного контролю та стратегічного управління ресурсами радіочастотного спектру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; Івано-Франківський нац. тех. ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2021. – 343 с. // ISBN 978-617-7468-53-9

2. В.М. Триснюк, В.О. Шумейко, Т.В. Триснюк, В.М. Марущак. Моніторинг радіоактивного забруднення місцевості та ліквідації наслідків природних та техногенних катастроф. Екологічна безпека та природокористування. Київський національний університет будівництва і архітектури. Збірник наукових праць. Випуск 2 (42), квітень-червень 2022 р. с. 35-46. DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.2>

3. Трофимчук О.М., Зорін Д.О., Триснюк В.М. Екологічна безпека підтоплених паводками територій / О.М. Трофимчук, Д.О., Зорін, В.М. Триснюк – Наукова думка. - Київ, 2024. С.248. ISBN 978-966-00-1950-8. <https://itgip.org/ekologichna-bezpeka-pidtoplenyh-pavodkam-y-terytorij/>

ТЕПЛОВІ НАСОСИ, ЯК ОДИН ІЗ СУТТЄВИХ ЧИННИКІВ ОТРИМАННЯ СЕРТИФІКАТА ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА

Михайло Уланов

Інститут технічної теплофізики НАН України, e3therm@gmail.com

Суттєві кліматичні зміни і природні аномалії, що почастишали, вимагають нових і дієвих підходів для забезпечення комфортного перебування людей на Землі. У зв'язку зі зростанням виробництва та розвитком будівельного сектору питання екологічної та комплексної безпеки вийшло на

новий рівень. Адаптація до нових умов зачіпає безліч сфер життєдіяльності людини, проте більшу частину часу вона проводить у будинках, тому саме їхні екологічні характеристики є вкрай важливими.

Одним із шляхів адаптації об'єктів будівництва до реалій є їх оцінка та сертифікація, спрямовані на зниження негативного впливу на екологію та клімат, а також на підвищення якісних та експлуатаційних характеристик будівлі.

Сертифікація не лише спрямована на зниження негативного впливу на економіку, а й створює потенціал розвитку економічного сектору за рахунок впровадження енергоефективних рішень. Найбільш популярними міжнародними системами сертифікації є:

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design («Лідерство в екологічному та енергоефективному будівництві») – міжнародна система сертифікації будівель, яка визнає найкращі у своєму класі проєктні рішення та практики будівництва (заснована у 1998 році Американською радою з зеленого будівництва (USGBC) [1].

Стандарт LEED Сертифіковано понад 10 000 будівель загальною площею 608 млн. м² у 135 країнах. У основі лежать американські стандарти ASHRAE.

У системі LEED показники об'єднані у восьми розділах:

- Будівельний майданчик (місце для забудови), що враховує майбутні потреби (sustainable sites, SS);
- Ефективність споживання води (water efficiency, WE);
- Споживання енергії та параметри атмосфери (energy and atmosphere, EA);
- Споживання матеріалів та ресурсів (materials and resources, MR);
- Якість середовища усередині приміщень (indoor environmental quality, IEQ);
- Інновації у проєктуванні та регіональних пріоритетів (innovation and regional priority, IRP);
- Розташування та транспорт (location and transportation, LT);
- Інтегративний процес (integrative process, IP).

Залежно від кількості набраних під час сертифікації балів проєкту надається рейтинг у системі оцінок зеленого будівництва LEED.

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method («Метод оцінки екологічної ефективності будівель») – міжнародний стандарт оцінки включає передові практики будівництва, спрямовані на зниження негативного впливу на екологію та підвищення якісних та експлуатаційних характеристик будівлі (заснований у 1990 році британською компанією BRE Global) [2].

Сертифіковано понад 200 000 будівель. 90% об'єктів розташовано у Великій Британії. В основі лежить норми Євросоюзу.

У системі BREEAM показники об'єднані у десяти розділах:

- Управління;

- Здоров'я та добробут;
- Енергетика;
- Матеріали;
- Управління відходами;
- Забруднення;
- Інновації;
- Землекористування;
- Транспорт;
- Вода.

Система BREEAM є прикладом вдалої концепції, що ефективно реалізує захист навколишнього середовища від людської діяльності за рахунок задоволення інтересів усіх учасників ринку без залучення міжнародного або місцевого права як каральний інструмент.

Залежно від кількості набраних при сертифікації балів надається рейтинг у системі оцінок зеленого будівництва BREEAM.

На сьогоднішній день сертифікація об'єктів за зеленими стандартами дозволяє не лише знизити споживання енергетичних та матеріальних ресурсів, а й підвищити привабливість проекту для інвесторів та орендарів. Сертифікація є важливою характеристикою об'єкта, що збільшує конкурентну перевагу для продажу або здавання його в оренду.

Сертифікація на відповідність стандартам зеленого будівництва дозволяє не лише здобути незалежну оцінку об'єкта будівництва, а й підвищити інвестиційну привабливість проекту. Загалом інвестори можуть розраховувати підвищення чистого операційного доходу (net operating income) на 5,9%.

Чинники підвищення інвестиційної привабливості об'єктів зеленого будівництва:

- підвищення вартості оренди (rental rates) на 2 – 16%;
- підвищення заповнюваності (occupancy rates) на 2 – 18%;
- зниження операційних витрат (operating expenses) на 25 – 30% за рахунок скорочення споживання енергії;
- підвищення вартості під час продажу на 5,8 – 35%;
- підвищення працездатності співробітників на 1% для LEED «Сертифіковано» та «Срібний» та на 1,5% для «Золотого» та «Платинового» сертифікатів;
- залучення та утримання найбільш платоспроможних та довгострокових орендарів.

Маркетингові переваги об'єкта сертифікації:

- новизна та унікальність пропозиції;
- обґрунтування якості об'єкта, якому повірять міжнародна громадськість та орендарі;
- залучення орендарів, до корпоративної культури яких входить екологічна відповідальність, у тому числі багатих та престижних світових брендів;

▪ результати сертифікації можуть бути використані як основа рекламної кампанії.

Досягнення базових рівнів стандартів призводить до підвищення вартості будівлі на 2 – 3% порівняно із звичайним будинком. Досягнення найвищих рівнів стандартів потребує додаткових витрат у розмірі 5 – 7,5%.

Оскільки кожна будівля унікальна, для неї потрібне індивідуальне рішення, що відповідає його унікальним властивостям. Комплексні рішення на базі теплових насосів підвищують екологічну цінність будівель та покращують робоче середовище орендарів. Таким чином, інтеграція цих технологій сприятиме загальному рівню стійкості будівлі та дозволяють:

▪ досягти рейтингу LEED «Золотого» або «Платинового», зробити свій внесок у 4 з 8 категорій LEED і може допомогти досягти 18 ~ 35 балів LEED;

▪ досягти відмінної або видатної оцінки BREAAM, зробити свій внесок у 7 з 10 категорій BREEAM та досягти 29 ~ 50 кредитів BREEAM.

ЛІТЕРАТУРА

1. BRE Group - World leaders in built environment research and development: URL: <https://bregroup.com/>

2. Leadership in Energy and Environmental Design. URL: <https://www.usgbc.org/>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ

Маріна Уманец¹, Тетяна Ткаченко

Київський національний університет будівництва і архітектури

Вертикальне будівництво, яке полягає у зведенні багатоповерхових споруд, є одним із ключових напрямків розвитку сучасної урбаністики. Зростаюча урбанізація, обмеженість придатних для забудови територій та необхідність оптимізації використання міських ресурсів роблять цей підхід особливо актуальним. Висотне будівництво сприяє підвищенню щільності забудови, покращенню транспортної інфраструктури та більш ефективному використанню енергетичних ресурсів. Однак разом із перевагами цей підхід має і низку викликів: забезпечення енергоефективності, мінімізація впливу на навколишнє середовище, створення комфортного мікроклімату всередині будівель.

У контексті глобального потепління та необхідності раціонального використання ресурсів вертикальне будівництво повинно поєднувати в собі технологічні інновації та екологічні підходи. Одним із перспективних методів підвищення ефективності таких будівель є застосування вертикального озеленення. Дослідження показують, що використання рослинних фасадів дозволяє значно знизити температуру зовнішніх стін будівель, зменшуючи навантаження на системи кондиціонування, а також покращує якість повітря в мегаполісах. Зокрема, результати досліджень підтверджують, що вертикальне озеленення сприяє зниженню температури поверхонь будівель на 10-14°C для

південної орієнтації фасаду, що, своєю чергою, дозволяє знизити температуру внутрішнього повітря на 1°C . Такий ефект може суттєво зменшити витрати на охолодження будівель влітку та покращити загальний рівень комфорту. [1]

Для оцінки ефективності вертикального будівництва та впровадження інноваційних технологій, таких як вертикальне озеленення, використовуються різні наукові методи. Вони включають експериментальні дослідження, математичне моделювання, порівняльний аналіз та системний підхід до оцінки енергоефективності.

Експериментальні дослідження дозволяють отримати емпіричні дані щодо впливу різних технологій на параметри будівлі. Основні аспекти експериментальних методів у вертикальному будівництві включають:

- Вимірювання температурних характеристик – використання тепловізійного аналізу для визначення тепловтрат через фасади та ефективності теплоізоляції (рис. 1, 2).
- Моніторинг енергоспоживання – встановлення датчиків для аналізу споживання електроенергії на охолодження та опалення у висотних будівлях із традиційними та інноваційними фасадами.
- Аналіз вологості та комфорту – використання датчиків для контролю рівня вологості та оцінки мікроклімату всередині приміщень.



Рис 1. Приклад тепловізійного аналізу фасаду будівлі [2]

Для оцінки ефективності вертикального будівництва широко застосовуються математичні моделі, що дозволяють прогнозувати теплові процеси та енергоспоживання будівель.

- CFD-моделювання (Computational Fluid Dynamics) – використовується для аналізу повітряних потоків навколо та всередині будівлі, що дозволяє оптимізувати вентиляцію та зменшити витрати енергії.
- Термодинамічні моделі – розраховують зміну температури стін будівлі залежно від погодних умов і наявності озеленення

Метод порівняльного аналізу дозволяє оцінити ефективність різних підходів у вертикальному будівництві:

- Аналіз споживання енергії у будівлях різної висотності – визначення різниці у витратах на опалення та охолодження між багатоповерховими будівлями та низькими забудовами.
- Зіставлення ефективності традиційних та інноваційних методів озеленення – наприклад, оцінка впливу живих стін на зменшення температури всередині приміщень

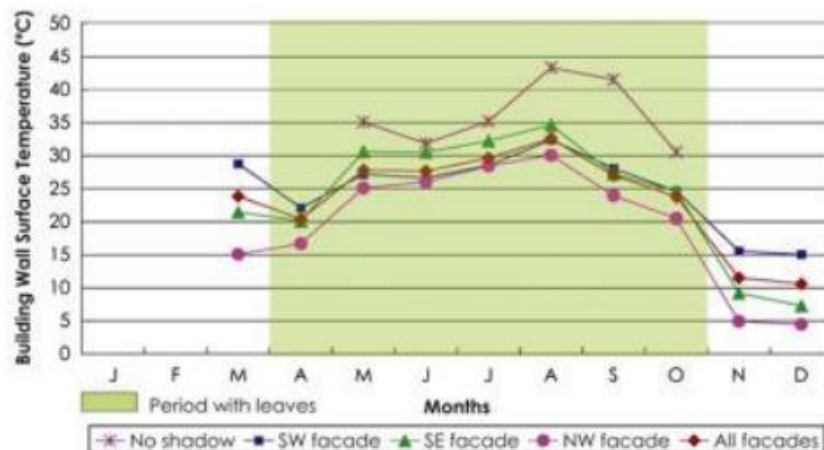


Рис 2. Графік зміни температури стін із вертикальним озелененням [3]

Гіпотеза дослідження передбачає, що інтеграція вертикального озеленення у висотне будівництво сприяє значному покращенню енергоефективності будівель та загального мікроклімату. Дані підтверджують, що використання таких технологій:

- Знижує витрати на кондиціонування та опалення, зменшуючи навантаження на електромережу;
- Покращує екологічну ситуацію в містах, зменшуючи рівень CO₂ у повітрі;
- Створює додатковий теплоізоляційний шар, що зменшує температурні перепади всередині приміщень. [4]

Таким чином вертикальне будівництво є необхідною складовою майбутнього розвитку урбаністики. Однак для його ефективності потрібно враховувати енергоефективність та екологічні аспекти. Використання технологій вертикального озеленення дозволяє значно зменшити енергоспоживання, підвищити якість життя у містах та покращити кліматичні умови. Подальші дослідження у цьому напрямку сприятимуть розробці оптимальних рішень для різних кліматичних зон. [5]

ЛІТЕРАТУРА

1. Property Times. (2020, 22 червня). Як подолати «ефект міського теплового острова», або перспективи вертикального озеленення в Україні. Property Times. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://propertytimes.com.ua/trends/yak_podolati_efekt_miskogo_teplovogo_ostrova_abo_perspektivi_vertikalnogo_ozelenennya_v_ukrayini - Дата перегляду: 03.04.2025

2. Приклад тепловізійного аналізу фасаду будівлі: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ssbb.ua/injenerni-mereji-kyiv/poslugi-teplov%D1%96zora-ta-usunennya-teplovtrat.html> - Дата перегляду: 03.04.2025

3. Температура поверхонь стін будівлі, виміряна на зеленому фасаді Гольмеса в 2009. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dendro.kyiv.ua/systemy-vertikalnogo-ozelenennya-vgs-dlya-energozberezhennya-v-budivlyah.html> - Дата перегляду: 03.04.2025

4. Децентралізація. (2022). Перспективи зеленого будівництва у майбутньому відновленні України. Децентралізація. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://decentralization.gov.ua/news/15011> - Дата перегляду: 03.04.2025

5. Коваленко, Ю. Л., Полив'янчук, А. П., & Бекетов, В. Є. (2024). Дослідження ефективності використання природоорієнтованих технологій під час проведення енергомодернізації будівель. Вісник Вінницького політехнічного інституту. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/3100> - Дата перегляду: 03.04.2025

ПРОЄКТ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ «ЗЕЛЕНИХ ЗУПИНОК» У ЛУЦЬКУ

Федонюк Віталіна Володимирівна, Федонюк Микола Ананійович
Луцький національний технічний університет, ecolutsk@gmail.com

Зелена зупинка громадського транспорту – це цікавий екологічний захід у сфері озеленення урбосередовища та адаптації міських населених пунктів до сучасних кліматичних змін, які супроводжуються значним зростанням середніх та екстремальних температур повітря. Різні проєкти таких зупинок передбачають часткове або повне і комплексне озеленення даху зупинки, бічних стін та конструкцій, прилеглої території.

Регіональні прояви кліматичних змін у Північно-Західному регіоні України, в зоні Волинського Полісся, до якого відноситься м. Луцьк, є чітко вираженими та проявляються у стійкому зростанні середніх місячних, річних і екстремальних температур повітря, що детально аналізували Федонюк В.В., Мерленко І.М., Федонюк М.А., Линюк Р.В., Ковальчук Н.С. [3; 4]. При цьому в місті, під впливом ефекту міського острова тепла, таке зростання температур відбувається особливо інтенсивно, воно найбільше проявляється у центральних мікрорайонах, в зонах щільної житлової забудови як описано у праці Федонюка М.А., Федонюк В.В. [4]. Серед інших проявів змін клімату в межах території дослідження відмітимо зменшення загальної хмарності неба, описане у роботах Fedoniuk V.V., Husar O. N., Fedoniuk M.A. [6] та Федонюк В.В., Гусар О.Н., Федонюка М.А. [1]; зміни у режимі випадання атмосферних опадів, збільшення числа випадків екстремальних добових сум, що досліджено у роботах Федонюк В.В., Іванціва В.В., Федонюка М.А., Іванців О.В. [2] та Fedoniuk M.A., Fedoniuk V.V., Ivantsiv V.V. [5].

Всі зазначені зміни кліматичних параметрів в умовах міського середовища (підвищення температур повітря, особливо в теплий період року, періоди екстремальної спеки та випадки екстремальних опадів, зниження хмарності неба) можуть створювати додатковий дискомфорт для жителів, що тривалий час перебувають на відкритому просторі, очікуючи громадський транспорт. В таких умовах концепт «зелених зупинок» - це один з ефективних

методів адаптації до змін клімату і покращення екологічних параметрів урбоecosистем.

«Зелені зупинки» громадського транспорту є острівцями зменшення екстремальної спеки, вітру, смогу під час очікування мешканцями транспорту, вони також є естетично привабливим елементом малої міської архітектури та, в силу своєї новизни для міс України – цікавим об'єктом екотуризму.

Для розробки проєкту встановлення «зелених зупинок» громадського транспорту у м. Луцьку було введено поняття «напруженість трафіку зупинки громадського транспорту», під яким розуміємо показник числа осіб, що прибувають і відбувають з даної зупинки протягом 1 години. В результаті оцінки такої напруженості всі зупинки громадського транспорту у місті були розділені на три категорії, представлені у табл. 1. Очевидно, що першочергово потребують озеленення зупинки, які потрапляють у першу категорію (напруженість трафіку понад 500 осіб/година). При порівняльній оцінці зупинок даної категорії було додатково також враховано: а) розміщення зупинки в межах міста; б) наявність або відсутність вже існуючої системи озеленення прилеглої до зупинки території.

Таблиця 1

Класифікація зупинок громадського транспорту у м. Луцьку за напруженістю трафіку

№	Типи зупинок	Кількість зупинок
1	Трафік понад 500 осіб/год	Більше 10
2	Трафік 200-100 осіб/год	Більше 25
3	Трафік менше 100 осіб/год	Більше 100

З урахуванням усіх названих чинників, а також того факту, що облаштування «зелених зупинок» - це дороговартісний проєкт, який на початковому етапі не може бути масштабним, для реалізації концепту було обрано як перспективні три зупинки громадського транспорту у м. Луцьку: 1) зупинка «Драмтеатр»; 2) зупинка «Завокзальний ринок (ТЦ «Там Там»); 3) зупинка «Площа Героїв Майдану»

Зелені зупинки громадського транспорту допомагають очищати повітря від вуглекислого газу, твердих частинок та інших небезпечних речовин – забрудників у містах. Це – зони, в межах яких жителі міста отримують захист від спеки, дощу, вітру та палючих прямих сонячних променів. Добре спланована дренажна система зеленої зупинки дозволяє накопичувати до 90% дощової води – як сама поверхня з рослинами, так і система водовідведення з даху та на тротуарі. Конструкція зупинки може включати резервуар для дощової води. Ця вода надалі може використовуватися для зволоження субстрату, що використовується для рослин. У разі використання сукулентів, зелені зупинки не потребують додаткового поливу.

Зелені зупинки роблять очікування громадського транспорту у великому місті значно комфортнішим, у першу чергу завдяки зменшенню температури повітря. Їх конструкцію можна доповнити вмонтованими сонячними

панелями, які дозволяють забезпечити автономність та енергоощадність проєкту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федонюк В.В., Гусар О.Н., Федонюк М.А. Динаміка хмарності в межах Волинської області в період 2010-2021 рр. *Український журнал природничих наук*. Житомир: № 4, 2023. С. 86 – 95. URL: <https://journals.univ.zhitomir.ua/index.php/ujns/article/view/40> DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.10> (дата звернення: 14.03.2025).
2. Федонюк В.В., Іванців В.В., Федонюк М.А., Іванців О.В. Картографування екологічного стану повітряного басейну м. Луцька на основі ліхеноіндикації. *Часопис картографії: Збірник наукових праць*. К. : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2016. Вип. 16. С. 250 – 271.
3. Федонюк В.В., Мерленко І.М., Федонюк М.А., Линюк Р.В., Ковальчук Н.С. Зміни агрокліматичних чинників в зоні Полісся в контексті глобального потепління (на прикладі Волинської області). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки*. Рівне: 2019. № 2 (86). С.124 – 134. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs2201912> URL: <http://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri/article/view/781> (дата звернення: 25.01.2025).
4. Федонюк М.А., Федонюк В.В. Проблеми теплового забруднення селітебних територій: дослідження та моніторинг. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-технічний журнал*. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, № 1 (15). 2017. С.231-239. URL: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/5308> (дата звернення: 11.02.2025).
5. Fedoniuk M.A., Fedoniuk V.V., Ivantsiv V.V. Possibilities for improvement of environmental monitoring of precipitation in the city (a case of Lutsk). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. Харків: 2019. Вип. 50. С. 210 – 219. [Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»]. URL: <http://journals.uran.ua/geoeco/article/view/204884> DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-16> (дата звернення: 15.03.2025).
6. Fedoniuk V.V., Husar O. N., Fedoniuk M.A. Study of the cloudiness dynamics in Lutsk in the context of climate change. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. Conference Proceedings. International Scientific Conference, 15-18 Nov. 2022, Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. Volume 2022. P. 1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580125> (дата звернення: 05.04.2025).

«ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО»: МЕТОДИ ТА ЕТАПИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВНИЦТВА

Станіслав Федоренко, Леся Василенко

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

Екологічне будівництво - це новий (постіндустріальний) етап розвитку архітектурно-будівельної галузі, на який вона почала переходити на рубежі XX і XXI століть, і одночасно - важлива складова поняття «сталий розвиток». Цей перехід є проявом глибинних процесів усвідомлення світовою спільнотою тієї ролі, яку людська цивілізація взагалі і урбанізовані території - зокрема, грають в руйнуванні стійкості екосистеми нашої планети. Концепція зеленого будівництва спрямована на збереження екосистеми та довкілля, а також на принесення користі для людей та суспільства. Тому вона враховує зміни взаємозв'язків між людьми, будівництвом та екосистемою. Метою є залишити після себе цілісний світ, придатний для проживання майбутніх поколінь [1, 2].

Дані експертів показують, що будівлі всього світу споживають близько 40% всієї первинної енергії, 67% всієї електрики, 40% всієї сировини і 14% всіх запасів питної води, а також виробляють 35% всіх викидів вуглекислого газу і мало не половину всіх твердих побутових відходів.

Дані експертів показують, що будівлі всього світу споживають близько 40% всієї первинної енергії, 67% всієї електрики, 40% всієї сировини і 14% всіх запасів питної води, а також виробляють 35% всіх викидів вуглекислого газу і мало не половину всіх твердих побутових відходів. Екологічне будівництво в принципі означає розумне будівництво і, зокрема, ефективне використання енергії та ресурсів та автоматизовану технологію будівництва для підвищення комфорту та функціональності. Розумні будівлі пропонують комфортні, екологічно чисті високотехнологічні середовища для більш продуктивного життя та роботи [2, 3].

Навіть не дивлячись на те, що у «антропогенній» теорії глобального потепління в достатку конструктивних критиків, ці цифри змушують замислитися.

Це усвідомлення в західних компаніях розвинулося на основі більш складних структур стратегічного управління, які враховують значні нюанси та глибшого розуміння корпоративної соціальної відповідальності. Розвинені будівельні ринки, такі як Європа та Сполучені Штати, також почали формувати нові моделі проектування, виробництва та управління, які поступово стали називати «зеленими будівлями». Європейська зелена угода спрямована на суттєве підвищення екологічних стандартів у всіх країнах ЄС і скорочення викидів парникових газів до нуля до 2050 року. Правила щодо загальної енергетичної ефективності будівель також мають бути узгоджені з Європейською зеленою угодою, метою якої є декарбонізація будівельного сектору ЄС до 2050 року [3].

Реформа Директиви про енергетичну ефективність будівель (EPBD), прийнята в рамках Зеленого курсу, передбачає, серед іншого, що житлові

будинки, зокрема, повинні зменшити споживання енергії в середньому на 16% до 2030 року і на 20–22% до 2035 року [3].

Щоб будівництво можна було назвати «зеленим», повинні дотримуватися певні стандарти і норми на кожному з його етапів. Для адекватної оцінки дотримання цих принципів при реалізації проектів в сфері нерухомості на Заході розробили спеціальні ринкові інструменти - добровільні системи сертифікації будівель, яких зараз в світі налічується кілька десятків. Ряд з них є міжнародними системами, які застосовуються по всьому світу, в т.ч. і в нашій країні.

Щорічні темпи зростання індустрії зеленого будівництва за кордоном становлять 20-30%, а акцент на екологічні характеристики багато хто вважає однією з головних конкурентних переваг. Інноваційні методи будівництва, такі як 3D-друк і використання сталі, скоротили час будівництва та зменшили використання матеріалів [4, 5].

Традиційно виділяють два типи екологічних будинків:

1. Енергопасивний або нульовий. Його основною характеристикою є те, що енергія для підтримки здорового клімату в приміщенні знижена до мінімального рівня. Тобто він є практично енергонезалежним, не споживаючи енергію й виробляючи електрику на основі власних відновлювальних ресурсів.

2. Енергоактивний. Відрізняється від першого типу тим, що енергії він виробляє більше, ніж споживає. Такі домівки оснащені генераторами з надмірним виробленням електроенергії. Таким чином, цей процес можна конвертувати в платіжний засіб, закачуючи електрику в мережу.

Коли справа доходить до будівництва екологічно чистих будинків, клімат відіграє важливу роль. Це тому, що різні кліматичні умови призводять до різних будівельних матеріалів, які використовуються в процесі будівництва. 3D-друк дозволяє швидко та ефективно створювати складні конструкції. Використання сталі в будівництві забезпечує міцність будівлі і його здатність протистояти різним погодним умовам. На практиці це виражається в тому, що «зелені» будівлі об'єктивно дорожчі за ті, що будуються за традиційними технологіями. Тому в США ціна будинків у сільських віллах, сертифікованих за стандартами LEED, в середньому на 30% дорожча за звичайні вілли [5].

Наочним прикладом чого може стати тенденція по будівництву цілих еко-міст, де навколишнє природне середовище, містобудівне планування, забудова, комунікації і сам спосіб життя знаходяться в гармонії один з одним. Серед найновіших і великих містобудівних проектів можна відзначити Masdar City в Арабських Еміратах, Хоугуань Лейк поблизу міста Ухань в Китаї, місто Сонгдо в Південній Кореї та інші [6, 7].

Для того, щоб екологічне проектування та енергоефективне будівництво стали стандартом в Україні, необхідна державна підтримка та впровадження ефективної політики. Уряд може стимулювати практику сталого будівництва за допомогою податкових пільг, грантів і знижок, що робить більш доступним

і фінансово життєздатним для забудовників і домовласників інвестувати в «зелене будівництво» [7,8].

Проект Greening Ukraine's Reconstruction окреслив всеосяжну дорожню карту для досягнення стійкості в зусиллях з відновлення. Ця дорожня карта включає:

- Оцінку та визначення пріоритетів пошкоджених будівель та інфраструктури.
- Інтеграцію принципів «зеленого будівництва» та екологічно чистих матеріалів.
- Впровадження систем відновлюваної енергетики.
- Залучення громади та просвітницькі кампанії.
- Розбудову потенціалу та обмін знаннями.
- Оцінку та моніторинг цілей сталого розвитку.

Згідно з дорожньою картою, проект має на меті створити відтворювану модель для проектів сталої реконструкції в Україні та надихнути інші регіони на впровадження практик зеленої реконструкції. План відновлення України – це комплексна стратегія, яка закладає основу для трансформації економіки та інфраструктури України.

Різноманітність екологічних проектів і тенденцій в Україні - це і добре, і погано. Хоча висвітлення, навіть доволі спорадичне, широкого кола питань є плюсом, нездатність об'єднати їх під єдиною парасолькою в одній скоординованій стратегії значно підриває їхню ефективність. Це призводить до того, що деякі проекти не досягають бажаного. Наприклад, згаданий проект EMBLAS допомагає Україні зрозуміти й оцінити масштаб екологічних проблем біля Чорного моря та поблизу нього за допомогою великого дослідницького механізму, але в ньому відсутній повноцінний план дій, який допоміг би скоротити, не кажучи вже про усунення, забруднення.

Іншою поширеною проблемою екологічних ініціатив в Україні є брак фінансування. Більшість проектів або фінансуються за допомогою краудфандингу, тому їх вплив обов'язково дуже обмежений, або вони фінансуються міжнародними донорами, такими як ЄС, ООН чи ЄБРР. Насправді ініціативи можна здійснювати лише в рамках побутової екології, тобто зосередитися на сортуванні сміття чи переробці батарейок. Але екологічні проблеми національного масштабу, як-от необхідність очищення русла Дніпра від радіоактивного шламу чи боротьба із забрудненням на підприємствах важкої промисловості, можуть бути предметом лише державної політики, а не політики громадських організацій, що живуть на дотації.

З акцентом на сталий розвиток, план спрямований на відновлення постраждалих регіонів країни та впровадження «зелених» технологій і практик. Використовуючи фінансову підтримку та досвід міжнародних партнерів, Україна може прискорити свій шлях до довгострокової сталості.

У цьому контексті важливо підкреслити, що екологічне будівництво відіграє ключову роль у формуванні безпечного та енергоефективного середовища, що є невід’ємною складовою сталого розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко С. В. Екологічне будівництво: основи проектування/ С.В. Бондаренко. – Київ : Ліра-К, 2020. – 264 с.
2. Кузьменко І. О. Зелені технології в сучасному будівництві / І. О. Кузьменко// Архітектурний вісник КНУБА. – 2021. – № 4. – С. 45–51. –ISSN 2519-867
3. Бенюк Ю. В. Сталий розвиток і екологічна політика: міжнародний та національний виміри / Ю. В. Бенюк. – Львів : Світ, 2022. – 218 с.
4. Литвиненко М. П. Інноваційні технології у будівництві / М. П. Литвиненко // Технічні науки та технології. – 2022. – № 2. – С. 12–19. – ISSN 2411-5363
5. European Commission. The European Green Deal [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
6. United Nations Environment Programme (UNEP). Why Making Buildings Greener is Crucial to Countering Climate Change [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/why-making-buildings-greener-crucial-countering-climate-change>
7. European Commission. Greening the Ukrainian Recovery [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://ec.europa.eu/environment/stories/greening-ukrainian-recovery/index_en.html
8. European Union. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings [Електронний ресурс]. – 2010. – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>

ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО ДЛЯ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ ЛАНДШАФТІВ: ПЕРЕОСМИСЛЕННЯ УРБАН-МЕНЕДЖМЕНТУ

Галина Фесенко

*Харківський національний університет міського господарства імені
О.М.Бекетова, Galyna.Fesenko@kname.edu.ua*

Наразі міста вважаються важливими місцями для вирішення екологічних проблем та досягнення цілей сталого розвитку. Зокрема, місто повинно формувати такі ландшафти, які унеможливають заподіяння шкоди здоров'ю (фізичному, психічному, соціальному) мешканців. Однак економічний та просторовий розвиток, який у багатьох випадках і в багатьох районах приймає неконтрольовану та хаотичну форму, спричинив значні загрози екосистемам та міським пейзажам, а часто призводить до їх деградації. Завдання, що ставляться перед ревіталізацією міських ландшафтів, таким

чином набувають нового локального та глобального виміру. Більше того, це, у свою чергу, ставить питання про оптимальний та ефективний спосіб досягнення сталості та розумного управління як природними ресурсами, так і ресурсами навколишнього середовища та ландшафтом міських територій.

Як відомо, поняття ландшафту ускладнюється перекриттям різних структур та різноманітних ознак, які часто протилежні з точки зору типології. Отриманий ландшафт характеризується множинністю, різноманітністю та структурною та просторовою розривністю. Ландшафтознавство було розроблено як спосіб розуміння та інтерпретації людини у її зв'язку з природою, але тепер поняття ландшафту також пов'язане із соціальною та культурною динамікою повсякденного середовища. У такій епістемологічній ситуації для вирішення фізичних, економічних та соціальних вимог проектів ревіталізації ландшафту слід використовувати ціннісно-орієнтований підхід.

Існує епістемологічна потреба в розробці методологічного рішення для оцінки ландшафту міських проектів з використанням методології сталого розвитку в управлінні проектами. У ширшому плані важливо висвітлити потенціал зеленого будівництва для ревіталізації міських ландшафтів, а також конфергенції екологічних та урбопланувальних стратегій міського розвитку. Тому дане дослідження має на меті зробити внесок у переосмислення міських зелених ландшафтів, виходячи з сучасних потреб та екологічних вимог до еко-міст. Концептуальна основа урбан-менеджменту охоплює зелені простори, а також міську природу в усьому біокультурному різноманітті, яке вона представляє. Йдеться про розуміння необхідності зміцнення зв'язків між містами та міським природним середовищем.

Міське екочутливе планування має гарантувати право громадян на місто, яке сприяє справжньому екологічно справедливому способу буття. Екологічна перспектива міського відродження включає принципи та методології, які спрямовують міське планування, стратегії та втручання на створення умов для переформулювання гнітючих структур та культивування життя, гідного життя, через турботливі міські парадигми – де міста дозволяють громадянам піклуватися про себе, інших та планету.

Постмодерне мислення актуалізує урбан-інтерпретації про рівень взаємопроникнення штучного і природного. Роль, яку поточні процеси урбанізації відіграють у посиленні тиску на природу та планетарну систему, спонукає до фундаментального перегляду антропоцентричних способів планування, проектування та розвитку еко-міст. Поєднання «еко» та «місто» може здатися суперечливим, оскільки міста стали відомими як суцільна антитеза всьому «екологічному». Концепція еко-міста позбувається образу міста як «бетонних джунглів», пропонуючи інтелектуальну міську інфраструктуру (високий рівень озеленення, розгалужену мережу громадського транспорту, використання відновлюваних джерел енергії тощо). Еко-місто покликане функціонувати у найбільш «природний спосіб» [1].

Прихильники екологічного урбан-менеджменту виходять з ідеї, що розвиток місто-форми обов'язково має бути узгодженим з природою (з

біологічною структурою людини та повагою до біорізноманіття), а також вітальним (сталим та безпечним). Урбодизайн мислиться в радикальній опозиції до промислового дизайну міст, що окреслювався в категоріях «домінування та знищення» [2]. Екологічний підхід до управління містами, планування міського дизайну ґрунтується на розумінні міста як місця проживання, й одночасно як частини природного світу – динамічної екосистеми з глибоким контекстом. Саме тому в екологічному урбо-менеджменті окреслюється стратегія «виращування» природи, як саду, на відміну від традиційного «підкорення» природи у місті.

Зелене будівництво має бути визнане вирішальним елементом післявоєнного відновлення українських міст. Однією з найактуальніших проблем в управлінні містом є технологічні проблеми з пошуком можливостей для відбудови зруйнованих об'єктів та питання можливості застосування технологій зеленого будівництва. Через це гострішими стають питання концептуального переосмислення архітектурно-просторових рішень, виробничих процесів будівництва крізь призму сучасних вимог до енергозбереження та екологічності [3].

У новому будівництві можна застосувати найзеленіші стратегії проектування: мінімізація впливу на навколишнє середовище, водночас надихаючи громаду думати про майбутнє як позитивне з точки зору відходів, енергії та води. «Проектуй, будуй, експлуатуй зелено» зараз здається важливішим, ніж будь-коли раніше.

Зелене будівництво має бути впроваджено з використанням сталих практик для утворення сталого міського ландшафту. Це, зокрема, передбачає використання будівельних практик LEED (Лідерство в енергетичному та екологічному дизайні) [4]. Складнощі, пов'язані з зеленим будівництвом або ревіталізацією міського ландшафту, а також з сертифікацією сталого дизайну, може викликати складнощі для тих, хто не знайомий з цим процесом. Для досягнення операційної стійкості проектів зеленого будівництва необхідно враховувати потрійний підсумок екологічної, економічної та соціальної ефективності.

Сталий розвиток проекту зеленого будівництва має бути представлений у процесах, інструментах та діях проекту протягом усього його життєвого циклу. Пропонується оцінювати рівень реалізації функції планування з точки зору «зрілості» управління проектом, його здатності застосовувати необхідні інструменти та методи для зменшення невизначеності. Стверджується, що екологічно чутливе міське планування робить цілі проекту більш конкретними та зрозумілими для проектної команди. З точки зору сталості, зрілий урбан-менеджмент щодо застосування зелених технологій, зі свого боку, має демонструвати ефективність у досягненні фактичного прогресу у досягненні цілей екологічного сталого розвитку. Більше того, міське управління зеленим будівництвом повинно враховувати цінності та побажання всіх зацікавлених сторін, пов'язаних з певною міською територією. Основними інструментами управління можуть бути План управління та інтегрована система

просторового планування, заснований на узгодженому місцевому плані просторового розвитку.

Подяка. Автор висловлює щиру подяку за підтримку цього дослідження стипендіальною програмою Фонду королеви Ядвіги Ягеллонського університету.

ЛІТЕРАТУРА

1. McHarg I. The Essential Ian McHarg: Writings on Design and Nature [Steiner F. (ed.)]. Washington : Island Press, 2013, 192 p.
2. Фесенко Г. Г. Міський ландшафт у контексті екофілософії. *Актуальні проблеми філософії та соціології*. 2017. № 16. С. 138–141.
3. Фесенко Т. Г., Фесенко Г. Г. Інтеграція вимог «зеленого будівництва» у зміст проектів розвитку міських територій. *Зелене будівництво: Матеріали I Міжн. наук.-практ. конф. КНУБА*, 2019. С. 52-53.
4. LEED v4.1 building design and construction: Getting started guide for beta participants. Washington: U.S. Green Building Council, 2022. 300 p.

ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО В УПРАВЛІННІ МІСЬКИМ ПЛАНУВАННЯМ: ЕКОФЕМІНІСТИЧНІ ВІЗІЇ

Фесенко Тетяна Григорівна

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
tetiana.fesenko@nure.ua*

Війна Росії проти України призвела до незліченних жертв серед цивільного населення та руйнування інфраструктури, житла, екосистем. Незмірні людські страждання стали частиною сучасного воєнного часу. Війна розділила не тільки час, а й людський досвід на дві частини: «до» і «після». Водночас ідея воєнного часу включає припущення, що війна є тимчасовою, і що воєнний час порушує «нормальний» час, після якого настає мир. Тому ідея воєнного часу передбачає концепцію майбутнього. У мисленні воєнного часу майбутнє – це поза війною, коли можна припинити виняткові заходи та відновити нормальне життя. Незважаючи на труднощі воєнного часу, українці думають про майбутнє, зокрема про те, як мають виглядати відбудовані міста [1, 2]. Висловлюються ідеї щодо екологічності міського середовища та необхідності сприяння ініціативам щодо збереження та відновлення навколишнього середовища навіть у воєнний час [3].

Екофеміністичні теорії можуть зробити значний внесок у урбаністичні дебати щодо відродження та післявоєнного відновлення українських міст. Феміністична перспектива урбанізму включає принципи та методології, які відводять культуру, процеси, стратегії та втручання міського планування від виключних практик до включення кожного, хто мешкає та формує місто [4]. Крім того, феміністичний урбанізм включає ідеї екологічного фемінізму, який переосмислює, зокрема, в контексті критики патріархального панування, та включає турботу про землю та захист навколишнього середовища [5].

Післявоєнна відбудова українських міст має бути не стільки поверненням до того, «як все було», скільки можливістю переосмислити та відбудувати більш екологічно та інклюзивно. Ідея про те, що стихійні лиха надають можливості для «відбудови» систем більш стійким, сталим та інклюзивним способом, пропагується глобальними програмами відновлення. Європейська економічна комісія Організації Об'єднаних Націй (ЄЕК ООН) створила програму UN4UkrainianCities для підтримки національних та місцевих органів влади в Україні в розробці концептуальних генеральних планів для міст з метою «кращої відбудови» [6]. Перший концептуальний генеральний план, який вже розроблено, призначений для Харкова. Як зазначає UN4UkrainianCities, він не лише передбачає майбутнє Харкова, але й служить обнадійливим планом для інших українських міст [7].

Харків отримав бачення свого майбутнього, сформульоване всесвітньо відомими містобудівниками. Концептуальне бачення генерального плану Харкова являє собою перспективне бачення міста, яке очолюють Норман Фостер та глобальна команда професіоналів у галузі архітектури, планування та інженерії. Норман Фостер, видатний архітектор, який багато часу присвячує вивченню міст та їхнього майбутнього, очолюючи Форум мерів Організації Об'єднаних Націй. Він започаткував Декларацію ООН про сталий та інтегративний розвиток архітектури (Декларація Сан-Марино 2022 року), яка ставить за мету для кожного міста планувати міську інфраструктуру та будівлі відповідно до принципів сталого міського дизайну. Перший принцип підкреслює «людиноцентричність» шляхом сприяння та підтримки соціальної відповідальності та інтеграції різноманітності та рівності шляхом належного врахування потреб окремих осіб та домогосподарств усіх рас, вікових груп, статей, культур, здібностей та рівнів доходу. Ця декларація також передбачає принцип «Безпеки та здоров'я»: створення безпечних та сталих систем мобільності та транспорту, а також забезпечення доступних пішохідних та спільних просторів, зелених зон та лісів. Вона закликає до участі місцевих громад та зацікавлених сторін для забезпечення реагування на потреби та постійної оптимізації інфраструктури.

Серед команди фахівців, які розробляли генеральний план розвитку Харкова, був Едвард Глейзер, професор Гарвардського університету, та Ієн Голдін, професор Оксфордського університету, які розробили першу частину генерального плану розвитку Харкова «Міське відродження: економічні міркування щодо реконструкції Харкова та України». Дев'ять українських експертів («Група харківських архітекторів», фахівці з архітектури, містобудування та історії) були залучені до розробки Генерального плану розвитку Харкова та надали місцеву експертизу [7]. Вони запропонували «Керівні принципи для нового Харкова» (частина II Генерального плану розвитку Харкова) у співпраці з Фондом Нормана Фостера. Примітно, що серед харківських експертів переважали чоловіки, і лише одна жінка мала право голосу як експерт – ландшафтний архітектор Ольга Клейтман. Вона була добре відома харків'янам завдяки своєму проекту ландшафтного парку

«Саржиний Яр», який був визнаний гарним прикладом інтеграції природи в міське середовище. Вона акумулювала екологічні ідеї завдяки груповій роботі експертів.

Міські планувальники, міжнародні та місцеві, уповноважені мером Харкова розробити повоєнне бачення міста, пропонуючи «ідеальні форми міста» з акцентом на функціональні зони та сучасну транспортну мережу. Мер Харкова зазначив: «Ми формуємо нове бачення міста – як воно виглядатиме після війни. Ми поставили собі за мету створити ідеальне місто майбутнього – місто мрії, де хочеться жити. Це має бути промисловий та науковий центр, привабливий для інноваційних підприємств та креативних індустрій» [7]. Щодо залучення мешканців міста до концептуального планування повоєнного Харкова, автори вважали достатнім зібрати інформацію за допомогою анкет. Анкета складалася з сорока запитань і була розділена на п'ять категорій: загальні, житлові, районні, транспортні та інші. Після того, як зміст було узгоджено в основній команді, місцева адміністрація адаптувала та поширила анкету серед населення міста через соціальні мережі. Було отримано понад 16350 відповідей (жінки становили більшість – 55,5%), і, як зазначено в генеральному плані, це було дуже корисним для кращого розуміння потреб та позитивних якостей міста, а також для формування підходу до генерального плану. Така політика містобудування позбавила громадян та надала їм роль пасивних одержувачів готової концепції післявоєнного бачення міста, сформульованої експертами.

Однак, ця позитивістська модель формування концепції містобудування піддається критиці. Коли йдеться про більш демократичні способи розробки бачення відбудови міста, необхідно забезпечити процес управління за участю всіх громадян та надати можливість висловити альтернативні бачення. Громадяни повинні бути не об'єктами міського планування, а скоріше суб'єктами, які встановлюють порядок денний, беруть участь у зборі та аналізі даних та контролюють використання результатів, включаючи вирішення питань, які зелені зони займати або екологічно чутливі напрямки. Планування управління містом «знизу вгору» зосереджувалося на здатності міської громади розробляти радикально нові принципи відродження міста з урахуванням екологічних потреб мешканців міста.

Зокрема, містобудівникам рекомендується враховувати факт, встановлений ООН, що, за даними Організації Об'єднаних Націй, жінки та діти значно частіше помирають від забруднення повітря в приміщеннях. Зелені будівлі можуть відігравати значну роль у сприянні різним аспектам забудованого середовища, які впливають на життя жінок. Зелені будівлі надають пріоритет якості повітря в приміщеннях, природному освітленню та використанню нетоксичних матеріалів. Ці особливості можуть покращити здоров'я та благополуччя всіх мешканців, включаючи жінок, які більш вразливі до забруднення повітря в приміщеннях. Крім того, добре спроектовані зелені будівлі можуть включати заходи безпеки, такі як добре освітлені доріжки, безпечні місця для паркування та системи контролю доступу,

створюючи безпечніше середовище для всіх громадян.

Екофеміністичний підхід поєднує екологічні та феміністичні принципи для вирішення взаємозв'язків між забудованим середовищем та природою. Він визнає значний вплив архітектури та міського планування на навколишнє середовище та соціальні структури. Екофеміністична архітектура прагне кинути виклик та трансформувати домінуючі системи, які сприяють деградації навколишнього середовища. Вона підкреслює необхідність більш стійких, справедливих та інклюзивних архітектурних практик, ставлячи на перше місце благополуччя людей та природного світу. Вона закликає до того, щоб міське планування за участю громадян було відкритим для всіх, незалежно від статі, раси, сексуальної орієнтації, віку тощо [9]. Феміністична епістемологія стверджує, що знання, дані та експертиза є гендерно обумовленими та сконструйованими для створення привілейованих органів влади, і що жінки мають досвід, який повинен формувати рішення щодо міського планування. Це, у свою чергу, вимагає зсуву когнітивного акценту з технологічного детермінізму, коли місто розглядається як сильно організоване, розділене на функціональні зони, на соціально та екологічно чутливе міське планування.

Подяка. Автор висловлює щире подяку за підтримку цього дослідження стипендіальною програмою Фонду королеви Ядвіги Ягеллонського університету.

ЛІТЕРАТУРА

1. Expert discussion on How to Rebuild Cities After the War? CASE Ukraine. 2022. 18 May. URL: <https://surl.li/xhelga>.
2. Andrushevych A., Andrushevych N.; Kozak Z.; Romanko S. Postwar Recovery of Ukraine's Cities: Green Reconstruction and Green Transformation. Policy paper. Kyiv: Konrad-Adenauer-Stiftung Foundation Office in Ukraine, 2022.
3. Kazanzhi Z. Navishcho krayina, yaka voyuye, potrebuye yarusnoho ozelenennya i likuval'ni sady? [Why does a country at war need tiered greening and therapeutic gardens?]. Ukrayins'ka pravda. 2022. November 22. [in Ukraine].
4. Palifrovska B. Feminist Urbanism Approach to Urban Planning. Urban Design Lab. 2024. November 2. URL: <https://surl.li/bvhmki>.
5. Crabtree L. Disintegrated Houses: Exploring Ecofeminist Housing and Urban Design Options. *Antipode*. 2006. 38 (4). 711-734. doi.org/10.1111/j.1467-8330.2006.00473.x
6. Dengler C., Völkle H., Ware S. Time and space for social-ecological transformation: care-full commoning in and beyond the ecofeminist city. *Environmental Politics*. 2024. pp. 1-21. doi.org/10.1080/09644016.2024.2411934.
7. UN4UkrainianCities: How it started. UNECE. <https://www.un4ukrainiancities.org/about>.
8. Kharkiv Masterplan: Concept Vision. April 2022 – December 2023. Madrid: Norman Foster Foundation, 2024.
9. Fesenko T. G. Gender mainstreaming as a knowledge component of urban project management. *Bulletin of the NTU «KPI». Series: Strategic management, portfolio management, program and project*, 3(1225), 2017. pp. 21-29. DOI:

**ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНИХ
СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ**

Добровольська Оксана Григорівна, Фостащенко Олена Миколаївна,

¹*Запорізький національний університет,*

dogoks@gmail.com, zdia2017@gmail.com

Зелене будівництво передбачає застосування енергоощадних технологій, відновлюваних джерел енергії, екологічно чистих матеріалів та методів будівництва. Це дозволяє мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити високий рівень енергоефективності. В умовах повоєнного відновлення, коли необхідно швидко відновити зруйновану інфраструктуру, застосування таких принципів є важливим кроком до створення стійких, екологічно чистих та енергоощадних об'єктів. Особливо важливим є використання альтернативних джерел енергії, таких як сонячні панелі, вітрові турбіни та геотермальні системи, що можуть бути інтегровані в інженерні системи відновлених будівель та інфраструктури.

Метою роботи є виявлення тенденцій застосування перероблених будівельних відходів та альтернативних джерел енергії в процесі відновлення зруйнованої інфраструктури.

Об'єктом дослідження є нежитлова та зруйнована архітектурна інфраструктура в Україні.

Предмет дослідження – процес створення громадських просторів через реконструкцію об'єктів, які втратили свою функціональність або були зруйновані. Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання: узагальнення результатів аналізу наукових досліджень та нормативно-правових актів, що регламентують проектування, модернізацію та відновлення нежитлових і пошкоджених будівель з урахуванням принципів енергоефективності; дослідження процесів післявоєнної відбудови в Україні та в інших країнах світу, аналіз закордонного та національного досвіду реконструкції зруйнованих об'єктів, пошкодженої інфраструктури; формування основних етапів реконструкції нежитлових будівель та зруйнованої забудови; окреслення композиційно-планувальних рішень, для енергоефективної реконструкції міського середовища.

Основним нормативним актом, що регулює енергоефективність будівель в Україні, є Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [1], який встановлює вимоги до енергетичної сертифікації будівель, визначає поняття будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії та передбачає розробку Стратегії термомодернізації будівель на період до 2050 року. У 2025 році Міністерством розвитку громад та територій України було затверджено Вимоги до будівель з близьким до нульового рівнем споживання

енергії [2]. Ці вимоги застосовуються при проектуванні, будівництві та сертифікації енергетичної ефективності будівель і передбачають використання відновлюваних джерел енергії, впровадження систем автоматизації та моніторингу енергоспоживання. Методика [3] визначає підходи до енергетичного планування на місцевому рівні, включаючи технічні та організаційні проекти з підвищення енергоефективності об'єктів інфраструктури. В документі [4] зазначається інтеграція принципів енергоефективності в процеси реконструкції та модернізації будівель, а саме підкреслюється необхідність розробки національної програми підвищення кваліфікації спеціалістів будівельної сфери. Крім того, вказується на необхідність впровадження систем автоматизації, моніторингу та управління будівлями для досягнення високого рівня енергоефективності, що відповідає вимогам національного стандарту [5].

Відновлення післявоєнних територій вимагає не лише відбудови зруйнованих будівель, але й інтеграції новітніх підходів у будівництво. Зокрема, досвід країн, таких як Японія після Другої світової війни, Ірак після війни в Перській затоці, а також Україна, показує, що швидке відновлення можливо тільки за умови застосування інноваційних підходів до використання будівельних матеріалів та управління відходами. В Японії застосовувались технології рециклювання будівельних відходів: методи вторинного перероблення будівельних матеріалів, таких як бетон і метал, що дозволило не лише зменшити витрати на відновлення, але й знизити навантаження на навколишнє середовище [6]. Німецький досвід показав, що зруйновані будівлі можуть стати джерелом корисних матеріалів, таких як бетон, цегла та метал, що сприяє зменшенню потреби у нових ресурсах та дозволяє скоротити екологічний слід. Рециклювання будівельних відходів в Німеччині було визнано одним з ключових елементів стратегії відновлення після війни, що дозволило зменшити викиди CO₂ та зберегти природні ресурси [7]. Після вибуху в порту Бейрута у 2020 році, міжнародною спільнотою, зокрема Францією, були запропоновані плани реконструкції, що включають модернізацію інфраструктури та перехід до використання відновлюваних джерел енергії [8]. В Україні, як і в багатьох інших країнах, відсутність ефективної системи збору та перероблення будівельних відходів ускладнює процес відновлення. Проте, з огляду на досвід європейських країн, є реальні перспективи для створення інфраструктури для перероблення будівельних відходів. Використання старих будівельних матеріалів для створення нових конструкцій вже активно впроваджується на місцевому рівні, зокрема в таких містах, як Київ та Харків, де зруйновані будівлі використовуються як джерело для отримання будівельних матеріалів [9].

Основні етапи реконструкції нежитлових будівель були розроблені на прикладі модернізації будівлі, яка раніше належала до житлового фонду. Будівля має прямокутний план з розмірами 14 000 × 7 000 мм. На рисунку 1 відображено зміни, які відбулися під час її реконструкції.

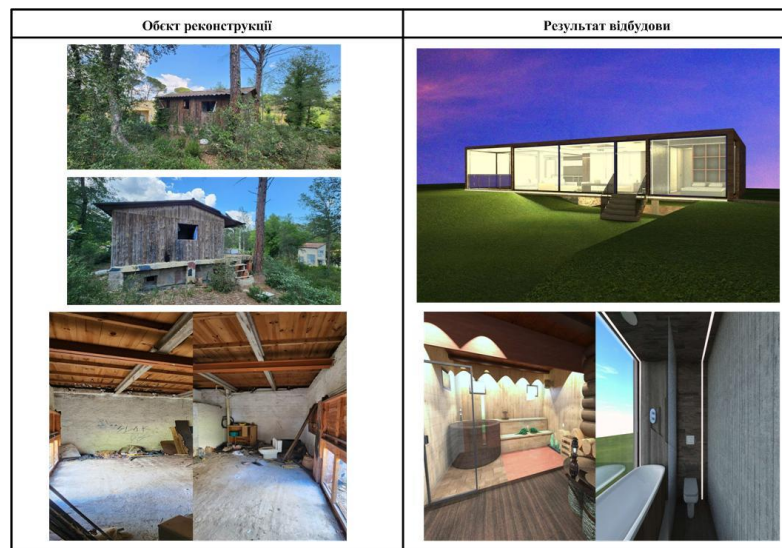


Рисунок 1. Реновація нежитлового об'єкту

Другий поверх було демонтовано з подальшим вивезенням конструкцій для утилізації. Щоб зменшити витрати та надати будинку оригінального характеру, було прийнято рішення зберегти цокольний поверх як основу проєкту. Одна з кімнат на цьому рівні була переобладнана під ванну кімнату.

Зовнішні стіни цоколя облицьовані природним каменем, серед якого використано піщаник і річковий брук. Товщина стін складає 400 мм. Для збільшення житлового простору було виконано підсипку ґрунту та влаштовано колонну конструкцію, що забезпечує опору для нових елементів споруди. У будівництві застосовано монолітні панелі з перлітобетону марки М50, товщиною 400 мм, які ефективно виконують функцію теплоізоляції.

У межах проєкту з реконструкції було здійснено аналіз кількох варіантів інженерних систем опалення, зокрема:

а) система «тепла підлога» з водяним нагріванням у поєднанні з тепловим насосом типу «повітря-вода»;

б) «тепла підлога» з водяним нагрівом, що працює від електричного котла;

в) водяна тепла підлога в комплексі з котлом на твердому паливі;

г) система електричного підігріву підлоги, живлення якої здійснюється від сонячної електростанції.

Результати оцінки енергоефективності розглянутих систем наведені на рисунку 2.

Ключовими критеріями, що визначали доцільність використання того чи іншого варіанту, були енергоспоживання, а також сукупна вартість обладнання та експлуатаційні витрати.

Серед усіх запропонованих рішень варіант Г має найвищу вартість обладнання. До того ж у зимовий період продуктивність сонячної електростанції знижується до 5÷10 % номінальної потужності, що не дозволяє забезпечити необхідний рівень теплопостачання. Варіант Б характеризується значним споживанням електроенергії – у чотири рази вищим порівняно з варіантом А.

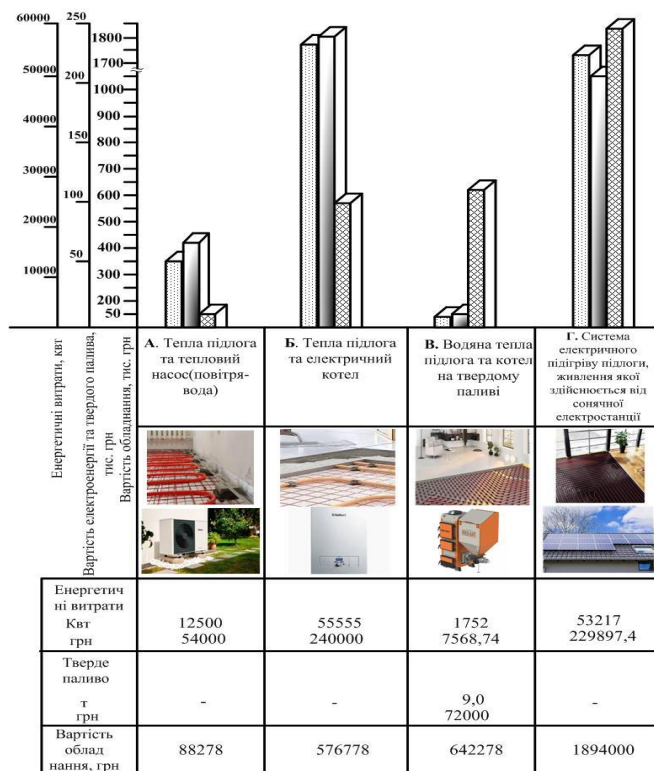


Рисунок 2. Економічні показники для різних варіантів опалення будівлі

Порівнюючи варіанти А та В, можна зазначити, що найменше електроспоживання фіксується у варіанті В. Однак через потребу у постійному забезпеченні твердим паливом загальні витрати на енергоресурси за цим варіантом перевищують аналогічний показник варіанта А у 2,3 рази. Загалом розрахунки свідчать, що найнижчі енерговитрати припадають на варіант А. Витрати на встановлення обладнання для цієї системи компенсуються протягом 5,5 опалювальних сезонів.

Композиційно-планувальні рішення є ключовим інструментом у досягненні енергоефективності при реконструкції міського середовища. Оптимізація орієнтації забудови, взаємного розміщення будівель і відкритих просторів дозволяє ефективно використовувати природне освітлення, інсоляцію та природну вентиляцію. Удосконалення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій, впровадження енергоощадних систем інженерного забезпечення (зокрема, теплових насосів) забезпечує суттєве зниження енергоспоживання. Таким чином, раціональні планувальні рішення в поєднанні з інноваційними технологіями формують технічно обґрунтовану основу для сталого функціонування реконструйованих міських територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22 червня 2017. № 2118-VIII. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/378619_753686

2. Про затвердження Вимог до будівель з близьким до нульового рівня споживання енергії : наказ Мінрегіону України від 06.02.2025 р. № 168 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0284-25>

3. Про затвердження Методики розроблення муніципальних енергетичних планів : наказ Мінрегіону України від 21.12.2023 р. № 1163 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0245-24>

4. Енергоефективність у «зеленому» відновленні України: аналітичний звіт: Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. URL: <https://greentransform.org.ua/energoefektyvnist-u-zelenomu-vidnovlenni-ukrayiny-analitychnyj-zvit>

5. ДСТУ Б EN 15232: Енергоефективність будівель. Частина 1. Вплив автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями. [Чинний від 2017-081-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 144 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71919

6. Murakami, S. (2008). The Recycling of Construction Materials in Japan: The Influence of the Post-War Reconstruction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(3), 152-159.

7. Zhang, Y., Papke, M., Haselbach, L., & Roesler, J. (2024). Environmental Evaluation of Recycled Concrete Aggregates for Pavement Use. *Frontiers in Sustainability*. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsus.2024.1417637/full>

8. France unveils plan to rebuild Beirut port, shift to solar power. AP News, 2024. URL: <https://maritime-executive.com/article/france-unveils-latest-plan-to-rebuild-the-port-of-beirut>

9. Відходи – в діло: у Київській області відновлюють дороги з переробленого будівельного сміття. Rubryka. 2024. URL: <https://rubryka.com/en/2024/12/05/dorogy-pererobka-smittya/>

ВПЛИВ КИСНЕВОГО РЕЖИМУ НА ВИДАЛЕННЯ АЗОТУ ІЗ СТІЧНИХ ВОД

Харламова Ольга Василівна, Ревякіна Наталія Юр'івна
Інститут гідромеханіки НАН України, viddil.pgd@ukr.net

Як відомо, вилучення азоту біоплівкою відбувається в аеробних умовах при забезпеченні кисню в достатній кількості. Для росту і життєдіяльності мікроорганізмів необхідно забезпечувати безперебійне постачання кисню і контролювати його споживання для підтримки кінетики реакцій з високою швидкістю утилізації сполук азоту (N) при заданих умовах аеробного процесу. В статті в результаті проведеного аналізу запропоновано деякі рекомендації, які дозволяють обґрунтовувати параметри кисневого режиму в практичних розрахунках. Так, для реакцій використовується найбільш поширений на практиці випадок, коли вилучення N в біоплівці

приймається за реакцією нульового порядку і окислення також відбувається за реакцією нульового порядку. Таким чином, в цьому випадку для реакцій маємо наступні рівняння (1) і (2) [1,2,4]:

$$R_N = w_N = \frac{\mu_{\max N} X_N}{Y_N}, \quad (1)$$

$$R_C = \alpha_1 R_N + \alpha_2 b_C X_N. \quad (2)$$

У результаті розв'язання наступного рівняння відносно концентрації кисню в біоплівці C :

$$D_C \frac{d^2 C}{dz^2} - R_C = 0 \quad (3)$$

при граничних умовах: $-D_C \frac{dC}{dz} = K_C(C_e - C_\delta) = I_C$ при $z=0$,

$$\frac{dC}{dz} = 0 \text{ при } z=\delta, \quad (4)$$

одержимо наступне рівняння для визначення концентрації C_δ при реакції нульового порядку:

$$C_\delta = C_e - \frac{w_c \delta}{K_C}, \quad (5)$$

а для потоку I_C згідно рівняння (4):

$$I_C = w_c \delta, \quad (6)$$

де $w_c = \alpha_1 R_N + \alpha_2 b_C X_N$. При цьому, витрата кисню на утилізацію (самоокислення) відмираючого біоценозу в біоплівці враховується параметром $\alpha_2 b_C X_N$.

У загальному випадку значення потоку кисню, який поступає в біоплівку, визначається за рівнянням (4). Проте, для реакції нульового порядку при неврахуванні процесів, які визначаються параметром b_c , тобто при $b_c=0$, для визначення потоку I_C можна скористатись відношенням [1,3,4]:

$$\frac{I_N}{\gamma_N} = \frac{I_C}{\gamma_C} \quad (7)$$

Тобто, для визначення потоку I_C маємо:

$$I_C = \frac{\gamma_C}{\gamma_N} I_N, \quad I_N = \frac{\gamma_N}{\gamma_C} I_C, \quad (8)$$

де стехіометричні коефіцієнти для кисню γ_C і азоту будуть:

$$\gamma_C = \frac{4,57 - Y_N}{Y_N}, \quad \gamma_N = \frac{1}{Y_N}, \quad Y_N \approx 0,22.$$

і для визначення потоків I_C і I_N маємо:

$$I_C = (4,57 - Y_N) I_N, \quad I_N = \frac{I_C}{4,57 - Y_N}, \quad (9)$$

тоді (при $b_c \approx 0$) значення α_1 буде складати:

$$\alpha_1 = (\alpha_N - Y_N), \quad \alpha_N = 4,57 \frac{z_{O_2}}{z_N} \quad (10)$$

Оскільки вилучення азоту у біоплівці в аеробних умовах контролюється проникненням кисню, то порівняння процесів penetрації в біоплівку забруднень і кисню є найбільш важливим результатом кінетичних досліджень в біоплівках, що дозволяє визначати, який із них буде лімітувати процес утилізації субстрату (азоту). Азот може бути присутній по всій товщині біоплівки, але не може бути вилучений на ділянці, куди не може проникнути кисень, тобто розчинений кисень повинен бути забезпечений в достатній кількості по всій товщині біоплівки. При цьому, швидкість (лімітування) буде визначатись тим субстратом, який проникає в біоплівку на меншу глибину penetрації. Для різних кінетик реакцій з використанням стехіометричних коефіцієнтів обґрунтовано і запропоновано ряд критеріїв. Так, пропонуються наступні критерії в умовах кінетики реакції нульового порядку [1,2]:

а) азот потенційно обмежує процес, але кисень повністю проникає в біоплівку

$$\frac{N_{\delta}}{C_{\delta}} > \frac{1}{\alpha_1} \frac{D_C}{D_N}, \quad (11)$$

б) кисень потенційно обмежений, але азот повністю проникає в біоплівку

$$\frac{N_{\delta}}{C_{\delta}} < \frac{1}{\alpha_1} \frac{D_C}{D_N} \quad (12)$$

Співставлення значень потоків I_N і I_C дозволяє також визначати, який із субстратів лімітує конверсійні процеси всередині біоплівки. В якості прикладу в Таблиці 1 приведені дані відносно глибин penetрації ($\beta_N \delta$) і потоків I_N , одержані при розрахунках для умов кінетики нульового порядку.

Таблиця 1

Розрахунки лімітуючого компоненту при нітрифікації [1]

Азот	NH_4
D_N	$149 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{доба}$
Кисень	O_2
D_C	$175 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{доба}$
α	$4,57 \frac{zO_2}{zN}$
Y_N	$0,22 \frac{zXPK}{zN}$
Рівняння (12)	$\frac{N_{\delta}}{C_{\delta}} > 0,27 \frac{zN}{zO_2}$
Розрахунок при $C_{\delta} = 8 \frac{\text{мг}O_2}{\text{л}}$	$2,2 \frac{\text{мг}N}{\text{л}}$

Так як вилучення субстратів в біореакторах з біоплівкою обмежується масообміном, то потік субстрату і глибина проникнення в

біоплівку являються функцією концентрації субстрату на поверхні біоплівки, швидкості реакцій всередині біоплівки і дифузійного масопереносу. Крім того, penetрація кисню в біоплівку складає тільки декілька сотень мкм. Тому можна зробити висновок, що біоплівки із збільшенням по товщині непридатні для аеробних процесів в них. У загальному випадку найбільш обґрунтованим рішенням цього питання, а саме, який із субстратів є лімітуючим, буде визначатись на основі співвідношення побудованих в біоплівці кривих змін концентрацій N і C та глибини їх проникнення в біоплівку. Зміну концентрації C в біоплівці можна одержати в результаті рішення рівняння (3) при граничних умовах (4). Для оцінки впливу кисню на вилучення азоту можна також скористатись результатами досліджень, які наведені в спеціальній літературі, зокрема в [1,3]. В них приведені теоретичні і експериментальні дослідження з великою концентрацією амонію в стічній воді біореактора ($250, 500 \frac{\text{мг } N - NH_4^+}{\text{л}}$)

при вилученні амонію біоплівкою із врахуванням пограничного шару і впливу розчиненого кисню на процес утилізації амонію. В результаті аналізу і оцінки одержаних результатів цих досліджень встановлено наступне:

а) в якості основного параметра при оцінці впливу кисню, який контролює процес окислення амонію до нітритів, було обґрунтовано і запропоновано відношення $O_2/N - NH_4$. На конкретних прикладах показано, що цей параметр може бути кращою альтернативою контролю при нітрифікації в реакторі у порівнянні з концентрацією кисню.

б) визначено, що на всій ділянці біоплівки кисень є основним параметром, який контролює і лімітує процес нітрифікації в біоплівці і його кількість залежить від потоку амонію, який надходить в біоплівку. Якщо значення даного відношення в різних точках становить від 0.05 до 0.1, то відбувається окислення (конверсія) близько 80% поступаючого амонію в нітрити.

в) проведений порівняльний аналіз показав, що результати теоретичних досліджень в широкому об'ємі співпадають з даними експериментів. Так як в подальшому ці результати можуть бути використані при розробці інженерних методів розрахунку, то нижче приведено значення деяких основних вихідних параметрів, які були прийняті при проведенні зазначеного порівняльного аналізу. Так, в результаті проведених дослідів по розробленій методиці середня активна товщина біоплівки була визначена рівною $\delta = 102$ мкм при наступних значеннях основних параметрів: коефіцієнти масопереносу через рідинну плівку амонію $K_N = 0,038 \text{ год}^{-1}$ і кисню $K_C = \frac{K_N \delta}{D_C} \approx 0,55$; ефективний коефіцієнт дифузії кисню в біоплівці

$$D_C = 0,85 D_{bO_2}; D_{bO_2} = 7,54 \cdot 10^{-6} \text{ м/год}, D_N = 0,83 D_{bN}; D_{bN} = 7,04 \cdot 10^{-6} \text{ м/год}.$$

У випадку наявності у стічній воді токсичних та інших речовин швидкість реакції може суттєво зменшуватись за рахунок інгібуючого

(тормозного) їх впливу [1,3,4]. В роботі [1] наведені конкретні дані, які дозволяють оцінити інгібуючий вплив різних металів та інших речовин на процеси нітрифікації.

Для одержання практичних методів розрахунку процесів і механізмів, які відбуваються в різних біореакторах при вилученні амонійного азоту N із стічних вод, розглянуто у якості прикладу для умов достатнього забезпечення процесів вилучення азоту N киснем загальну балансову математичну модель вилучення азоту N в біореакторі-змішувачі, яка має наступний вигляд:

$$W_P \frac{dN_e}{dt} = Q_e(N_0 - N_e) - F_{\delta n} I_N - R_e W_P, \quad (13)$$

Для практичних розрахунків, якщо вилучення азоту N відбувається тільки біоплівкою, рівняння (13) можна значно спростити до вигляду :

$$N_0 - N_e - F_{\delta n} T_e I_N = 0, \quad (14)$$

де
$$F_{\delta n} = \frac{F_{\delta l}}{W_e}, \quad T_e = \frac{W_P}{Q_e}, \quad I_N = K_N(N_e - N_{\delta})$$

Звідси, при відомих (заданих) концентраціях N у стічних водах, які надходять в біореактор N_0 і в очищених стічних водах N_e , тривалість реакції T_e буде складати:

$$T_e = \frac{N_0 - N_e}{F_{\delta n} I_N}, \quad (15)$$

де $F_{\delta n}$ - питома площа поверхні біоплівки в біореакторі.

Таким чином, запропонований підхід значно спрощує практичні розрахунки при зменшеній кількості вхідних параметрів.

В цілому запропоновано методику розрахунку вилучення амонійного азоту біоплівкою, яка базується на підставі реалізації побудованих і реалізованих математичних біоплівкових моделей і є достатньо обґрунтованою і може бути використана при розробці відповідних положень і рекомендацій при оцінці очистки стічних вод в різних біореакторах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Henze M., M. van Loosdrecht M.E., Ekama G.A., Brdjanovic D. (2008) Biological Wastewater Treatment. IWA Publishing, London. 511p.
2. Gujer W. (2010). Nitrification and me-A subjective review. Water Res., no. 44. PP. 1-19.
3. Steyer J.-P., Delgenes I.P. (2005). Modeling and control of nitrite accumulation in nitrifying biofilm reactor. Biochem. Engin. Journal, 24. PP. 173-183.
4. Айрапетян Г.С., Телима С.В., Олійник О.Я. (2017). Моделювання кисневого режиму в біореакторах-аеротенках при очистці стічних вод від органічних забруднень. Доповіді НАНУ, № 6, 2017.- С. 21-27.

СУЧАСНІ ФАСАДНІ РІШЕННЯ: ЗДАТНІСТЬ РЕАГУВАННЯ НА ЗМІНИ ДОВКІЛЛЯ

Чертков Олег

Київський національний університет будівництва і архітектури

Вступ. Фасад будинку – це лицьова частина будинку, і його прагнуть прикрасити. Але облицювання фасаду виконується не тільки з метою надати стінам естетичного вигляду. Головне завдання оздоблення – забезпечити захист фасаду від руйнувань, що спричиняються факторами зовнішнього середовища, та гарантувати самому будинку максимально тривалий термін експлуатації. Фасади будь-якої будівлі, визначають її естетичну привабливість, технологічність та функціональність. Сучасні фасадні рішення здатні реагувати на зміни довкілля, регулюючи світло та температуру, що робить їх невід'ємною частиною інтелектуальних будівель нового покоління. Тому надалі, роль фасадів стане ще більш значущою, оскільки вони виконують не лише декоративну, а й важливу практичну функцію – підвищення енергоефективності, забезпечення стійкості та комфорту внутрішнього простору.

Ключові слова: адаптивні огорожувальні фасади Динамічні фасади Енергоефективність Реагуючі будівлі Екологічність

Abstract. The facade of a house is the front part of the house, and it is sought to be decorated. But the facade cladding is performed not only to give the walls an aesthetic appearance. The main task of decoration is to ensure the protection of the facade from destruction caused by environmental factors, and to guarantee the building itself the longest possible service life. The facades of any building determine its aesthetic appeal, manufacturability and functionality. Modern facade solutions are able to respond to environmental changes, regulating light and temperature, which makes them an integral part of new generation intelligent buildings. Therefore, in the future, the role of facades will become even more significant, since they perform not only a decorative, but also an important practical function - increasing energy efficiency, ensuring stability and comfort of the internal space.

Keywords: adaptive envelopebuilding facadesdynamic facadesenergy efficiencyresponsive buildingssustainability

Предметом дослідження цієї статті є досвід застосування адаптивних фасадів у сучасному будівництві

Об'єкт дослідження адаптивне будівництво та архітектура.

Актуальність цієї теми обумовлена тим, що людина потребує постійну зміну навколишнього середовища, яка відбувається на фоні екологічної та енергетичної безпеки нашої планети.

Основна частина.

Фасад - зовнішня, лицьова сторона будівлі. Розрізняють головний, бічний, тильний фасади, а також вуличний та дворовий фасади.

Залежно від типу будівлі, її несучого каркаса і функціонального призначення зовнішні стіни можуть бути з цегли або каміню, збірні або монолітні бетонні, штукатурні (теплоізоляційні композитні системи із зовнішніми штукатурними шарами), навісні з облицюванням керамогранітом, фіброцементними панелями, або металеві касети, в тому числі з перфорованих панелей, динамічні (кінетичні) фасади та інші. В той же час, науково-технічні досягнення, поява нових технологій дозволяють фасадам будівель набувати адаптивних якостей. Адаптивність і мінливість стають найважливішими векторами для розвитку будівельних рішень майбутнього.

Використання матеріалів з новими властивостями, зелених технологій, передових систем моніторингу та контролю за трансформацією огорожувальних конструкцій, крім забезпечення комфортних умов проживання людей, дозволить значно скоротити споживання енергії.

Крім забезпечення комфортних умов проживання для людини, це дозволить значно скоротити споживання енергії. Ключовим фактором при розгляді переваг динамічних фасадів (рис. 1) є енергозбереження.

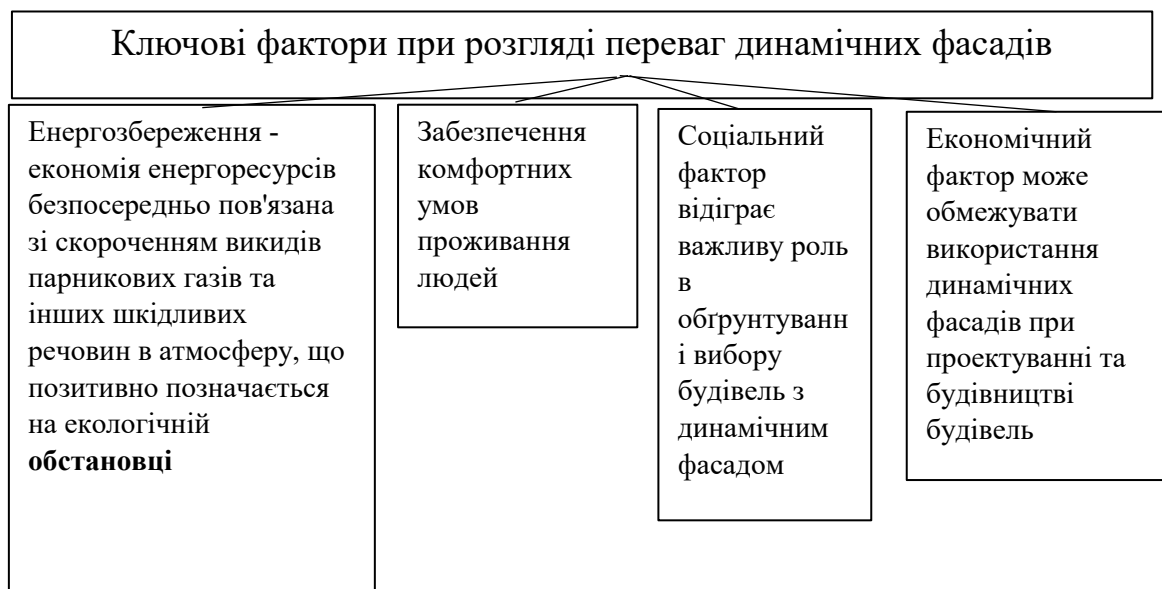


Рис. 1. Ключові фактори при розгляді переваг динамічних фасадів.

Рухомі фасадні системи здатні реагувати на зміну навколишніх умов, зокрема, світлового режиму, швидкості і напрямку вітру, температури повітря і т.д. Таким чином, вдасться скоротити витрати на кондиціонування в жарку пору року і опалення в опалювальний період. Економія енергоресурсів безпосередньо пов'язана зі скороченням викидів парникових газів та інших шкідливих речовин в атмосферу, що позитивно позначається на екологічній обстановці.

Соціальний фактор відіграє важливу роль в обґрунтуванні вибору будівель з динамічним фасадом. Адаптивна архітектура дозволяє задовольнити переваги людей, їх бажання оновити зовнішній вигляд будівлі, в тому числі шляхом оновлення існуючих будівель.

Економічний фактор може обмежувати використання динамічних фасадів при проектуванні та будівництві будівель. Готових дизайнерських рішень для таких фасадів не існує, а розробка унікальної будівлі є складною і трудомісткою. Це призводить до значної вартості проектів. З іншого боку, будівництво будівель з динамічними фасадами може стати вигідною інвестицією. Як показує практика, будівлі з динамічними фасадними системами є яскравими, унікальними, привабливими архітектурними об'єктами, які ще більше підвищують вартість землі та підвищують окупність прилеглих будівель.

Інновації у фасадному будівництві: а) відіграють ключову роль у архітектурі сучасних будівель, особливо - комерційних. Вони не тільки визначають візуальну ідентичність об'єктів, але й роблять значний внесок у їх стійкість, енергоефективність та функціональність. Сучасні фасадні системи, такі як навісні вентилязовані фасади, лінійні фасади та фасади жалюзі, є складними інженерними та архітектурними рішеннями, які сприяють створенню здорового та комфортного середовища для життя та роботи;

б) неминуче продовжуватимуть впливати на вигляд і функціональність комерційних будівель, роблячи їх більш адаптивними, стійкими та комфортними. Вони відкривають нові "горизонти для творчості та інженерії, допомагаючи створювати будівлі, які не тільки вражають своїм зовнішнім виглядом, але й сприяють створенню здорового та сталого середовища для майбутніх поколінь.

Адаптивні фасади.

Будь-який адаптивний фасад складається з ряду компонентів, які реєструють зміни погодних умов і реагують особливим чином, в залежності від зміни тих чи інших погодних умов. Це високотехнологічні пристрої зі всілякими детекторами, які реєструють зміни, накопичувачами і комп'ютером, який аналізує і приводить в рух всю конструкцію, де реактивна складова є невід'ємною частиною адаптивного фасаду будівлі, яка змінюється на догоду інтересам людей, в зв'язку з мінливістю погодних умов. Сучасна будівля включає в себе безліч різних датчиків, які постійно контролюють різні аспекти навколишнього середовища (температуру повітря в приміщенні і на вулиці; відносну вологість, інтенсивність сонячного випромінювання і багато іншого). Наприклад, вежі Вежі Аль-Бахр в Абу-Дабі (Al Bahr Towers in Abu Dhabi) втілюють екстер'єри будівель, оснащені рухомими компонентами, які ретельно реагують на постійно мінливі умови навколишнього середовища (рис. 2). Фасад складається з адаптивних сонцезахисних екранів, які відкриваються та закриваються, гармонійно з припливами та відпливами інтенсивності сонячного світла. Ця взаємодія форми та функції не лише підвищує естетичну привабливість, але й підкреслює практичність використання технологій для оптимізації енергоефективності.



Рис.2. Вежі Аль-Бахр в Абу-Дабі [1]

Світлопропускання фасаду і навіть його зовнішній вигляд в сьогоденнішніх реаліях здатні в короткі терміни реагувати на зміни погодних умови за допомогою різного обладнання або механізованих частин будівлі, які надають певну динаміку будівлі, даючи можливість адаптуватися до мінливих умов і поведінки людини: відкривання віконних і дверних блоків, мобільних перегородок, вентиляції, штор і т.д. [2] Закривання і відкривання вікон, підняття штор і різного роду систем кондиціонування повітря - це елементарні функції адаптивних компонентів будівлі. Але для підвищення ефективності адаптивного фасаду ці елементи постійно вдосконалюються і мають більш складний технічний механізм. Так, наприклад, у тенденції подальшого розвитку, адаптивні фасади, зможуть отримати у свою структуру альтернативні джерела енергії та крім економії електроенергії повертати накопичену частину назад у мережу. Ще один можливий шлях розвитку, яким зможуть піти адаптивні фасади – збір дощової води з подальшим перенаправленням її в очисні споруди та використання для різних потреб, від поливу зелених насаджень до підтримки рівня води у ставках.

Забезпечивши динамічні елементи світловими панелями, можна влаштовувати неймовірні світлові шоу чи демонструвати рекламні сюжети.

Що очікується?

Необхідність інтеграції складних систем управління і забезпечення довговічності матеріалів є одними з основних викликів при розробці та впровадженні таких схем в міському житловому будівництві. Однак постійне вдосконалення матеріалів і технологій, а також зростаючі вимоги до енергоефективності будівель стимулюють розвиток цієї сфери. У майбутньому адаптивна зовнішня обробка може стати стандартом у будівництві, забезпечуючи надійні рішення для створення комфортного та екологічно чистого міського середовища.

Висновок. Ключовими факторами, що визначають активне використання адаптивних фасадів у найближчому майбутньому, є вимога до зниження енерговитрат на експлуатацію будівель та прагнення забезпечити тепловий та світловий комфорт за рахунок динамічної трансформації огорожувальних конструкцій. Адаптивність фасадних систем стала можливою завдяки досягненням науки, техніки, зелених технологій, нових матеріалів. Виразний архітектурний вигляд будівель з динамічними фасадами,

поряд з покращенням їх середовищних якостей, сприятливо впливає на громадську думку, соціальні уподобання. Можна відзначити, що такий поділ факторів досить умовно, тому що всі вони взаємопов'язані та взаємозумовлені. Розглянуті чинники, що впливають застосування динамічних фасадів у проектуванні будівель, свідчать про подальший перспективний розвиток даного типу інноваційних фасадів.

ЛІТЕРАТУРА

1.Електоний ресурс Кінетична архітектура в русі
<https://www.buildingmaterialreporter.com/influencers/articles/commercial/kinetic-architecture-in-motion>

2. Електоний ресурс 8 неймовірно динамічних фасадів, які насправді були побудовані <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/8-impossibly-dynamic-facades-that-were-actually-built/>

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ: ПОМІЧНИК ЧИ КОНКУРЕНТ?

Іван Чорноморденко

*Київський національний університет будівництва і архітектури
hmurii@ukr.net*

Станом на сьогодні у розлоному філософському дискурсі гострою і вкрай актуальною є проблема Штучного інтелекту. Дискусія, котра не згасає, а лише з плином часу наростає і умовно поділяє дослідників на два табори – з одного боку йдеться про те, що якщо відбудеться «Перехід до штучного інтелекту, то він буде схожий на промислову революцію з точки зору масштабу та значущості впливу... Це вплине приблизно на 40% ринку праці. При цьому з'являться нові робочі місця, оскільки існуючі робочі місця або трансформуються, або зникнуть» [1], з іншого – штучний інтелект це інструмент без використання якого людству уже не обійтися. Бо, на усіх континентах, йде впровадження в систему науки, економіки, політики, тощо, нових інструментів штучного інтелекту. Нам не варто зачаровуватися можливостями штучного інтелекту (котрі постійно зростають), але не варто і займати позицію тотального несприйняття. Інструмент, яким являється штучний інтелект, нам постійно потрібно вдосконалювати і максимально використовувати для блага всього світового співтовариства.

Для того аби використовувати будь-який інструмент, потрібно бути спеціалістом. У випадку використання штучного інтелекту як унікального інструменту потрібно готувати (а не відсахуватися від нього) спеціалістів, котрі допоможуть використовувати можливості штучного інтелекту і, водночас, не порушувати межі його використання. Саме з такою метою в Україні було запущено безоплатну платформу для вивчення штучного інтелекту. На думку міністерки економіки Юлії Свіриденко «Для нас важливо, щоб українці опанували інструмент штучного інтелекту для підвищення своєї конкурентоспроможності» [2]. Директорка Google в Україні Тетяна Лукинюк

наголошує, що «ШІ відкриває нові можливості для розвитку економіки та створення нових робочих місць, а Google прагне допомогти кожному адаптуватися до цієї нової реальності» [3]. Не менш важливим є і те, що у Литві запроваджують опанування штучним інтелектом у школі.

Що насправді може змінити штучний інтелект у реальному житті. Наведемо бодай деякі із прикладів застосування штучного інтелекту і його впливу на такі "невловимі", "неможливі", "недосяжні" проблеми від яких споконвічно страждали люди. Йдеться про те, що, і до сьогодні, бракувало знань для того аби спрогнозувати, передбачити, діагностувати таке явище як землетруси. Можемо констатувати, що впродовж свого існування людство спіткав не один надпотужний землетрус. Зокрема, назовемо декілька із них: **Великий китайський землетрус** - кількість жертв - приблизно 830 тисяч осіб; **Землетрус у Таншані** - кількість жертв - 242 769; **Антіохійський землетрус** - кількість жертв - 250 000 осіб. Це не рахуючи руйнувань які принесли з собою землетруси. Так от штучний інтелект допоміг людині і навчився прогнозувати землетруси. Так от «03 вересня 2024 р. — Дослідники з Техаського університету розробили штучний інтелект, який передбачив 70% землетрусів під час випробувань у Китаї» [4]. Ще одним доказом користі від використання штучного інтелекту є здатність спрогнозувати таке природне явище як повені. Google навчила штучний інтелект прогнозувати повені за тиждень до того, як вони стануться. Ще одним прикладом є вражаюча тенденція розвитку (з допомогою штучного інтелекту) і це тосується безпосередньо медицини як галузі людської діяльності. Не є секретом те, що з допомогою штучного інтелекту, встановлюється точний діагноз хворого, мало того, штучний інтелект почав замінювати лікарів у лікарнях, мало того, ми стоїмо порозі створення синтетичного життя: вчені зробили прорив. «У рамках експерименту вдалося створити лабораторну молекулу РНК, яка змогла точно скопіювати інші, що призвело до функціонування ферменту. Такий прорив дає можливість вченим вивчити найбільш ранні еволюційні стадії життя» [5]. Але нам ще рано тішитися здобутими результатами, бо, особливо в медицині, існує ще низка проблем, котрі чекають на їх вирішення. Зокрема, існує низка "невиліковних" хвороб таких як «Хвороба Альцгеймера, Цукровий діабет, ВІЛ та СНІД, Хвороба Паркінсона, Розсіяний склероз, Поліомієліт, Астма тощо» [6].

Якщо сьогодні і існують деякі проблеми, то варто зупинитися на тому, що є проблеми котрі мали би бути на першому місці. Зокрема, вчені висловлювали гіпотезу щодо існування життя на Землі, йдеться про те, що використання викопного палива напряду пов'язані з припиненням існування живого. Відомий фізик Стівен Гокінг ще кілька років тому називав дату кінця світу, що наша планета може перетворитися на "величезну вогняну кулю" приблизно до 2600 року». На сьогодні вчені підтверджують гіпотезу висловлену Стівеном Гокінгом, зокрема, це підтверджує і НАСА, за оцінкою якого «неконтрольоване виснаження ресурсів може потенційно прискорити терміни екологічного колапсу порівняно з передбаченнями С. Гокінга» [7]. Саме це застереження має пряме відношення до теми нашої конференції.

Декого здивує поданий матеріал, котрий спонукає до роздумів, щодо застосування/незастосування на практиці штучного інтелекту. Це якраз і є інформація до роздумів, якраз це і є об'єктом філософування на основі отриманих знань і формулюванні на цій основі гіпотетичних знання: так бути чи не бути штучному інтелекту інструментом, методом, засобом у досягнення бажаних результатів?. І ось як думають провідні вчені світового рівня, щодо використання штучного інтелекту і чи мають цим опікуватися філософи. «Штучний інтелект значно впливає на сферу філософії, змінюючи її методи, фокус і застосування. Цю трансформацію можна порівняти з впливом письма на філософський прогрес, що свідчить про те, що штучний інтелект може прискорити філософський прогрес. Штучний інтелект змінює філософію, заохочуючи філософів займатися технологічним розвитком, переглядаючи історичні концепції та вирішуючи нові етичні виклики. Ця взаємодія не тільки збагачує філософські дослідження, але й спрямовує відповідальну еволюцію технологій штучного інтелекту» [8]. Новатори у сучасному світі щодо впровадження штучного інтелекту поза усяким сумнівом є Ілон Маск, Марк Цукерберг або Сем Альтман і вони можуть втілити у життя те, що спаде їм на думку. Зокрема «Генеральний директор OpenAI Сем Альтман заявив минулого року, що емірати можуть стати світовим "регуляторним полігоном" для тестування технологій штучного інтелекту, а згодом - очолити розробку глобальних правил щодо обмеження їхнього використання» [9].

Якщо до кінця бути об'єктивним, то варто акцентувати увагу на тому що насправді являє собою штучний інтелект. Штучний інтелект можна поділити на кілька основних видів, кожен з яких має свої особливості й застосування.

◇ Перший тип – це вузький або слабкий штучний інтелект, з допомогою якого можна вирішувати нескладні питання.

◇ Другий тип – це загальний штучний інтелект, якого ще не існує повною мірою. Він здатний виконувати більш складні завдання, деє близько до рівня людини (створювати текст, відео, музику, тощо).

◇ Третій тип – це суперінтелект, що може перевищувати людські можливості. Загалом варто відмітити те, що ми за неповні сімдесят років досить мало просунулися, щодо використання штучного інтелекту. Особливо це помітно в освіті. Нові програми ChatGPT4 або Murf чи Jasper чи будь-які інші не використовуються належним чином і, використовуючи будь-які програми, варто пам'ятати, що це лише інструмент у руках досвідченого/недосвідченого користувача – відповідно, бажані результати будуть досягнуті або ж ні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. <https://ua.news/ua/money/mvf-nazvav-terminy-stabilizatsiyi-svitovoyi-ekonomiky>
2. <https://biz.liga.net/ua/all/it/novosti/v-ukraini-zapustily-bezkoshtovnu-platformu-dlia-vyvchennia-shtuchnoho-intelektu>

3. <https://biz.liga.net/ua/all/it/novosti/v-ukraini-zapustyly-bezkoshtovnu-platformu-dlia-vyvchennia-shtuchoho-intelektu>
4. <https://life.nv.ua/ukr/travel/zemletrusi-7-naymasshtabnishih-i-ruynivnih-katastrof-v-istoriji-ostanni-novini-50302620.html>
5. <https://focus.ua/uk/technologies/632831-lyudstvo-na-porozi-stvorennia-sintetichnogo-zhittia-vcheni-zrobili-proriv>
6. <https://medicalanswers.com.ua/novyny/7-hvorob-vid-yakyh-ne-mozhna-vylikuvatysya>
7. <https://www.unian.ua/science/koli-nastane-kinec-svitu-stiven-goking-nazivav-datu-zagibeli-zemli-i-nasa-pidtverdilo-12998589.htm>
8. Clay, G., & Ontiveros, C. (2023). Philosophers ought to develop, theorize about, and use philosophically relevant AI. *Metaphilosophy*. <https://doi.org/10.1111/meta.12647>
9. <https://unn.ua/news/oe-zaprovadzhuiut-shtuchnyi-intelekt-u-shkilnu-prohramu-z-2025-roku>

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ДЛЯ ПРАЦІВНИКІВ ІТ-СФЕРИ В КОНТЕКСТІ ПРИНЦИПІВ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА

Євгеній Шайдюк

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
shaidiuk_ys@knuba.edu.ua*

Сучасні тенденції розвитку ІТ-галузі та впровадження принципів зеленого будівництва зумовлюють необхідність комплексного підходу до організації безпечних робочих просторів. Особливої актуальності набуває проблема управління ризиками для працівників ІТ-сфери у приміщеннях, спроектованих за принципами зеленого будівництва, оскільки такі будівлі мають специфічні особливості, які можуть як позитивно, так і негативно впливати на здоров'я та продуктивність працівників.

Метою дослідження є розробка комплексної системи управління ризиками для працівників ІТ-сфери, що враховує особливості "зелених" офісних просторів, їх вплив на здоров'я та продуктивність ІТ-спеціалістів.

Проведений аналіз наукових досліджень Волошкіної О.С., Ткаченко Т.М. [1], Гливи В.А., Левченко Л.О., Панової О.В. [2] та МакНотона П. та ін. [3] показав, що організація робочих місць ІТ-фахівців у будівлях, спроектованих за принципами зеленого будівництва, має враховувати низку специфічних факторів ризику: рівень електромагнітного випромінювання від обчислювальної техніки (Глива В.А. та ін. [2]), особливості природного та штучного освітлення (Ткаченко Т.М., Міліч В.І. [4]), акустичні властивості приміщень, ергономіку робочих місць та психологічний комфорт працівників (МакНотон П. та ін. [3], Тетчер А., Мілнер К. [5]).

Дослідження включало вимірювання параметрів мікроклімату (температура, вологість, швидкість руху повітря), рівнів електромагнітного

випромінювання та показників освітленості в трьох офісних будівлях: традиційній, "зеленій" сертифікованій за LEED та "зеленій" сертифікованій за BREEAM. Для проведення вимірювань використано сертифіковане обладнання: термоанемометр Testo 435-4 (для вимірювання температури, вологості та швидкості руху повітря), газоаналізатор CO₂ AZ-77535 (для визначення рівня вуглекислого газу), вимірювач електромагнітного поля ПЗ-50 (для вимірювання рівня електромагнітного випромінювання) та люксметр Testo 545 (для визначення показників освітленості). Досліджувані приміщення мали порівнянні характеристики: традиційна будівля – офісне приміщення типу open space площею 145 м², об'ємом 435 м³, з 24 комп'ютеризованими робочими місцями; "зелена" будівля LEED – офісне приміщення площею 160 м², об'ємом 480 м³, з 26 комп'ютеризованими робочими місцями; "зелена" будівля BREEAM – офісне приміщення площею 152 м², об'ємом 456 м³, з 25 комп'ютеризованими робочими місцями. Вимірювання проводились у робочі дні протягом 8-годинного робочого дня на висоті 1,2 м від підлоги з інтервалом 1 година. Результати вимірювань наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння параметрів робочого середовища в різних типах офісних будівель

№	Параметр	Традиційна будівля	"Зелена" будівля (LEED)	"Зелена" будівля (BREEAM)
1.	Середня температура повітря, °C	23,2 ± 1,8	22,4 ± 1,2	22,1 ± 1,3
2.	Відносна вологість, %	42 ± 7	48 ± 4	50 ± 5
3.	Рівень CO ₂ , ppm	835 ± 125	672 ± 85	645 ± 70
4.	Рівень ЕМВ (біля робочих місць), мкТл	0,75 ± 0,25	0,62 ± 0,18	0,60 ± 0,15
5.	Коефіцієнт природного освітлення, %	2,1 ± 0,6	3,4 ± 0,5	3,6 ± 0,4

На основі проведених досліджень допрацьовано стандартну модель управління ризиками для працівників ІТ-сфери в будівлях, спроектованих за принципами зеленого будівництва (рис. 1). Особливу увагу приділено впливу середовища на здоров'я, включаючи прояви так званого "синдрому хворої будівлі" (англ. *Sick Building Syndrome* — SBS), що особливо актуально для офісів із сучасною вентиляцією та технологічним обладнанням.

Запропонована модель включає п'ять основних компонентів, що реалізуються як послідовний цикл управління ризиками. На відміну від стандартного підходу до оцінки ризиків, та інших моделей, що враховують інтегральний підхід [6] модель адаптована до умов функціонування ІТ-фахівців саме в зелених офісних будівлях, де враховано вплив енергоефективних технологій, природної вентиляції, високої щільності електронного обладнання та ергономічних факторів на здоров'я та продуктивність персоналу. Зокрема:

1. **Ідентифікація та оцінка ризиків** включає врахування рівня електромагнітного випромінювання [2, 7], концентрації CO₂, а також проявів синдрому хворої будівлі (SBS), що характерні для герметизованих енергоефективних приміщень.

2. **Розробка заходів з мінімізації ризиків** ґрунтується на інтеграції екологічних рішень (наприклад, використання природного охолодження серверного обладнання).

3. **Впровадження** передбачає застосування адаптивного моніторингу з використанням ІТ-систем, які регулюють параметри мікроклімату в реальному часі.

4. **Моніторинг та контроль** проводиться на основі автоматизованого збору даних зі смарт-сенсорів у приміщеннях.

5. **Постійне вдосконалення** базується на аналізі зворотного зв'язку не лише працівників, а й даних з систем управління будівлею.

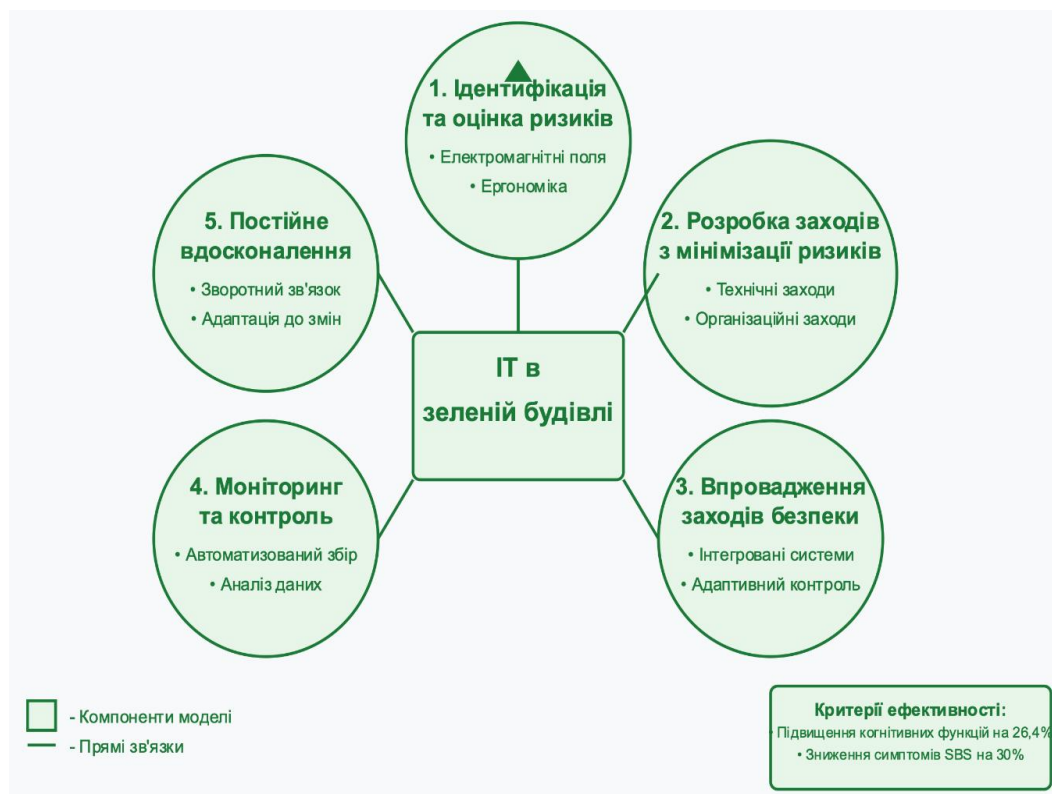


Рис. 1. Модель управління ризиками для працівників ІТ-сфери в зелених будівлях

Особливу увагу в дослідженні приділено питанням ергономіки робочих місць та організації ІТ-інфраструктури в зелених будівлях. Зокрема, запропоновано інноваційні підходи до розміщення серверного обладнання з використанням систем природного охолодження, що дозволяє одночасно знизити енергоспоживання та рівень електромагнітного випромінювання.

Важливим аспектом моделі є інтеграція систем контролю мікроклімату з системами управління ІТ-інфраструктурою, що дозволяє адаптивно регулювати параметри робочого середовища відповідно до інтенсивності використання обчислювальної техніки та кількості працівників у приміщенні. При цьому, як зазначають Березницька Ю.О. та Ткаченко Т.М. [8], важливу роль відіграє екологізація підходів до організації робочих та освітніх просторів, що сприяє підвищенню екологічної свідомості працівників та ефективності впровадження принципів зеленого будівництва.

Результати дослідження підтверджують, що впровадження запропонованої моделі управління ризиками на основі принципів зеленого будівництва забезпечує значні покращення умов праці ІТ-фахівців. Зокрема, порівняльний аналіз трьох типів офісних будівель (традиційна, сертифікована за LEED, сертифікована за BREEAM) показав:

Крім того, на основі даних попередніх досліджень [3, 9, 10] впровадження екологічних стандартів у робоче середовище асоціюється з покращенням когнітивних функцій на 26,4% та зниженням симптомів синдрому хворої будівлі (SBS) на 30%. Таким чином, модель має підтверджену ефективність як у фізіологічних, так і у когнітивно-психологічних аспектах.

Висновки. Розроблена комплексна модель управління ризиками для працівників ІТ-сфери в зелених будівлях дозволяє ефективно поєднувати принципи екологічності, енергоефективності та безпеки праці. Впровадження моделі сприяє створенню здорового та продуктивного робочого середовища, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку. Подальші дослідження будуть спрямовані на адаптацію моделі до різних типів зелених будівель та розробку специфічних рекомендацій для різних категорій ІТ-фахівців.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волошкіна О.С., Ткаченко Т.М. Екологічна небезпека матеріальних об'єктів мегаполісу. Екологічна безпека та природокористування. 2018. № 3(27). С. 5-12.
2. Глива В.А., Левченко Л.О., Панова О.В. Просторові розподіли електромагнітних полів у приміщеннях різного призначення. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». 2020. № 41. С. 65-74.
3. MacNaughton P., Satish U., Laurent J.G.C., Flanigan S., Vallarino J., Coull B., Spengler J.D., Allen J.G. The impact of working in a green certified building on cognitive function and health. *Building and Environment*. 2017. Vol. 114. P. 178–186.
4. Ткаченко Т.М., Міліч В.І. Біопозитивні рішення для формування мікроклімату зелених конструкцій. Ландшафтна архітектура та екосередовище. 2022. №8(1). С. 89-94.

5. Thatcher A., Milner K. Changes in productivity, psychological and physical well-being from working in a green building. *Work*. 2014. Vol. 49(3). P. 381–393.

6. Hunchenko O. Methodology for assessment and management of industrial risks / Oksana Hunchenko, Yuliia Berezhnytska, Denys Chernyshev // XV International May Conference on Strategic Management – IMCSM19 May 24 – 26, 2019, Bor, Serbia IMCSM Proceedings. - Volume XV, Issue (1), (2019). ISSN 2620-0597. – P. 311-319

7. Zhong L., Goldberg M.S., Parent M.E., Hanley J.A., Valois M.F. Exposure to electromagnetic fields from electric blankets and other appliances and the risk of breast cancer. *American Journal of Epidemiology*. 2020. Vol. 151. P. 1103–1111.

8. Березницька Ю.О., Ткаченко Т.М. Екологізація освітнього процесу в системі вищої освіти України. Містобудування та територіальне планування. 2022. № 79. С. 35-46.

9. Singh A., Schiavon M., Spengler J.D., Dill J. The impact of green buildings on people's health and performance: A case study of two pilot studies. *American Journal of Public Health*. 2010. Vol. 100(5). P. 921–924.

10. Allen J.G., MacNaughton P., Satish U., Santanam S., Vallarino J., Spengler J.D. Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments. *Environmental Health Perspectives*. 2016. Vol. 124(6). P. 805–812.

ЗЕЛЕНЕ БУДІВНИЦТВО – ВІЙСЬКОВІ ВИКЛИКИ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Вікторія Хмельник, Нестеренко В'ячеслав

¹*Київський національний університет будівництва і архітектури,
[khmelnyk_vi-2023@knuba.edu.ua](mailto:khmelnik_vi-2023@knuba.edu.ua)*

У сучасних умовах військових конфліктів та загроз національній безпеці зелене будівництво набуває нових функцій, пов'язаних із забезпеченням захисту цивільного населення та інфраструктури [5]. У часи війни будівництво перестає бути виключно інструментом розвитку — воно стає елементом обороноздатності, захисту цивільного населення та адаптації до надзвичайних викликів [2]. Зелене будівництво, яке традиційно асоціюється з енергоефективністю, екологією та сталим розвитком, отримує нову роль — забезпечення безпеки в умовах воєнних загроз[1]. Маскування є не лише способом збереження об'єктів, але й фактором зниження втрат серед особового складу та цивільного населення [6].

1. Маскування будівельних об'єктів.

Застосування природних матеріалів та ландшафтних рішень у зеленому будівництві дозволяє ефективно маскувати об'єкти від аеророзвідки та інших засобів спостереження [2]. Наприклад, використання зелених дахів,

вертикального озеленення та адаптивних фасадів дозволяє зменшити помітність об'єктів у інфрачервоному спектрі [1].

В умовах сучасної війни будівлі стають мішенями для високоточної зброї. Тому маскуванню — не розкіш, а необхідність [5]. Особливо це стосується об'єктів, розташованих поблизу зон бойових дій або критичної інфраструктури [6].

Методи маскуванню в зеленому будівництві: використання зелених дахів та вертикального озеленення для зменшення візуальної помітності з повітря, інтеграція споруд у природний ландшафт (використання пагорбів, ярів, лісистих територій), камуфляжні покриття, що не порушують екологічного балансу (натуральні матеріали, перероблені відходи), зведення об'єктів з адаптивними фасадами, що змінюють колір або структуру залежно від умов освітлення [2].

Цифрове маскуванню: обмеження цифрових слідів, радіомовчання, екранування теплових сигналів (ІЧ-маскуванню) [4].

Мобільне маскуванню: швидке перекриття чи заміна зовнішнього вигляду конструкцій [6].

Цілі маскуванню: ускладнення виявлення об'єкта з повітря та космосу, імітація природного середовища або непомітних об'єктів, захист об'єкта від навмисного ураження, забезпечення безперервності функціонування об'єкта в умовах бойових дій [5].

Приклади ефективного маскуванню: українські оборонні споруди в зоні ООС, замасковані під фермерські господарства, використання сіток з елементами 3D для імітації дерев або нерівностей рельєфу [2], фальшиві позиції з дерев'яних макетів техніки чи укриттів для введення ворога в оману.

Виклики та обмеження: високі вимоги до матеріалів маскуванню (довговічність, невидимість у різних діапазонах), складність маскуванню у міських умовах, постійна еволюція засобів спостереження (тепловізори, спектральні сенсори) [2].

2. Укриття на об'єктах зеленого будівництва.

Інтеграція укриттів у структуру будівель є необхідною умовою у прифронтових районах [6]. Зелене будівництво дозволяє створювати не лише енергоефективні, але й безпечні будівлі з укриттями, які витримують вибухову хвилю та забезпечують комфортне перебування протягом тривалого часу [2].

Одним із головних пріоритетів сучасного проектування є інтеграція захисних споруд — укриттів, бомбосховищ, безпечних кімнат — у нові будівлі [5]. Зелене будівництво дозволяє зробити ці укриття частиною функціонального середовища [1].

Приклади інтегрованих укриттів: підвальні приміщення з посиленими перекриттями та подвійною вентиляцією [6], землянки та укриття, сховані під шарами ґрунту з рослинністю [2], використання модульних підземних капсул як тимчасових укриттів на базі біоорієнтованих технологій [1]. (рис.1).



Рис 1. Модульне підземне укриття[7]

Переваги: зменшення теплової сигнатури об'єкта, економія енергії та ресурсів при збереженні захисної функції, можливість маскуванню укриття як частини ландшафтного дизайну [1].

Для ефективного захисту цивільного населення та військових під час бойових дій важливим є не лише розташування укриттів, а й матеріали, з яких вони збудовані [6]. Різні типи матеріалів мають свої переваги та недоліки залежно від умов застосування. В таблиці подано порівняння трьох основних типів укриттів — бетонних, земляних та «зелених», — за критеріями вибухостійкості та комфорту перебування.

Бетонні укриття вирізняються високою стійкістю до вибухів і є найбільш поширеними в умовах міської інфраструктури [5]. Проте через жорсткість конструкцій і обмежену вентиляцію рівень комфорту в них є низьким.

Земляні укриття, зведені з глини чи каменю, мають середній рівень захисту, однак забезпечують значно кращі умови перебування, особливо в умовах тривалого укриття[6].

Зелені укриття, що будуються з екологічних матеріалів, таких як саман або деревина, поєднують високу стійкість до вибухів із високим рівнем комфорту [1]. Такі укриття також краще вписуються в ландшафт і мають додаткові маскувальні властивості.

Порівняльна характеристика типів укриттів за матеріалом, стійкістю до вибухів та рівнем комфорту (табл. 1).

Таблиця 1

Типи укриттів за матеріалом

№	Тип укриття	Матеріал	Стійкість до вибуху	Комфорт
1	Бетонне	Бетон	Висока	Низький
2	Земляне	Глина, камінь	Середня	Високий
3	Зелене укриття	Саман, деревина	Висока	Високий

Як видно з таблиці, зелені укриття забезпечують високу стійкість до вибуху та комфорт, водночас маючи екологічні переваги завдяки використанню природних матеріалів.

3. Подолання наслідків бойових дій, терористичних актів та екоциду.

Зелені технології допомагають у відновленні територій, забруднених унаслідок бойових дій. Біоре mediaція, фітотехнології, а також впровадження екологічно чистих матеріалів відіграють важливу роль у реабілітації навколишнього середовища та відновленні житлової інфраструктури [3].

Війна залишає по собі не тільки руйнування, а й значну шкоду екосистемам [2]. Зелене будівництво відіграє ключову роль у відновленні — як фізичному, так і екологічному [1].

Основні напрями подолання наслідків: регенерація забруднених територій (фітопоглинання, біоре mediaція) [3], використання екологічних матеріалів для швидкого відновлення житла, створення «зелених коридорів» у зруйнованих містах для покращення психологічного стану населення, встановлення сонячних станцій, вітрових міні-турбін для енергонезалежності громад [1].

Роль зеленого будівництва в післявоєнному відновленні:

- формування сталих, безпечних, адаптивних поселень.
- Інтегрування екологічного і безпекового підходу до архітектури.
- Переосмислення міського простору в бік безпеки, автономії та самовідновлення [2].

У сучасних умовах воєнних загроз зелене будівництво постає не лише як інструмент сталого розвитку, але й як важливий чинник забезпечення безпеки, адаптації та виживання цивільного населення [5]. Його інтеграція з елементами маскування, укриттів та екологічної реабілітації дозволяє поєднувати архітектурну функціональність із оборонною ефективністю [2].

Використання природних матеріалів, ландшафтних рішень та біоорієнтованих технологій у проектуванні дозволяє створювати об'єкти, які не тільки непомітні для розвідки, але й здатні витримувати вплив бойових дій. Особливу цінність набуває підхід до інтеграції укриттів у структуру цивільних і військових будівель, а також застосування зелених технологій у відновленні зруйнованих територій після бойових дій.

Таким чином, зелене будівництво в умовах війни — це не лише про екологічність, а й про виживання, адаптивність та стратегічну мобільність інфраструктури [1]. Його розвиток має стати одним із пріоритетів для урбаністичного і оборонного планування в Україні [2]. Його інтеграція в оборонні та цивільні стратегії дозволяє створити безпечне, стійке та ефективне середовище для життя і відновлення після криз. Маскування, укриття, відновлення — ключові елементи, що визначатимуть архітектуру майбутнього в умовах загроз, які ми більше не можемо ігнорувати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Green Construction. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. Київ: КНУБА, 2023.
2. Архітектура в умовах війни: виклики і рішення // Архітектурний вісник КНУБА, 2023, №4.
3. Мартинюк І. Фітотехнології у відновленні територій після воєнних дій. // Екологічний журнал, 2023, №2
4. Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2022.
5. Цивільна оборона/С. І. Стеблюк. Навчальний посібник. Харків: НУЦЗУ, 2021.
6. Цивільний захист в громаді. Навчальний посібник для керівного складу та фахівців. Тернопіль: НМЦ ДСНС України, 2020.
7. Skhov.com[онлайн-ресурс].

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ШТУКАТУРКИ ДЛЯ БЕТОНУ

*Цапко Юрій Володимирович¹, Бондаренко Ольга Петрівна¹, Цапко
Олексій Юрійович¹, Каверин Костянтин Олександрович¹, Ющенко Аліна
Віталіївна¹*

*¹Київський національний університет будівництва і архітектури,
juriyts@ukr.net, bondolya3@gmail.com, alekseytsapko@gmail.com,
lkrik.lk1@gmail.com, alinka29yushchenko@gmail.com*

Бетонні та залізобетонні конструкції є базою цивільного і промислового будівництва. Вони характеризуються стійкістю до навантажень, у тому числі до дії високих температур, наприклад, пожежі. Однак, з часом опір пожежі знижується, оскільки межа вогнестійкості конструкції з бетону залежить від її прогрівання. Так, при нагріванні бетону до 250 °С починається інтенсивне виділення пару води, що призводить до мікрровибухів. При нагріванні до 400...550 °С проходить процес інтенсивної дегідратації складових бетону з утворенням мікротріщин в конструкції, а при підвищенні температури до 900 °С цементний камінь втрачає міцність і руйнується [1, 2]. Уникнути надмірного нагрівання бетону можливо за допомогою створення теплоізоляційного шару на поверхні конструкції.

Штукатурку для вогнезахисної обробки слід обирати в тих випадках, коли необхідна межа вогнестійкості бетонних конструкцій перевищує R60 (в окремих випадках R45) і застосування вогнезахисних фарб для таких класів вогнестійкості економічно не виправдане, та пред'являються високі вимоги до екологічних характеристик покриття, а вогнезахисні плити неможливо застосувати в силу складних конфігурацій оскільки вони збільшують матеріалоемність конструкції.

Штукатурки або вогнезахисні сухі будівельні суміші представляють собою цементні або гіпсові склади з комплексом легких наповнювачів і спеціальних добавок, що утворюють покриття з високою адгезійною здатністю до бетону і відносно низькою щільністю ($400 \dots 600 \text{ кг/м}^3$), які наносяться на поверхні конструкції товщиною $10 \dots 50 \text{ мм}$ в залежності від необхідного класу вогнестійкості, який може досягати R240. Проте, захист бетонних конструкцій штукатуркою в певній мірі призводить до значних матеріальних затрат та збільшення об'єму конструкції [3].

У зв'язку з цим постає необхідність визначення теплоізолювальної здатності штукатурки з наповненням її алюмосилікатними мікросферами, що і обумовило необхідність проведення досліджень у даному напрямку.

Для дослідження теплопровідності теплоізоляційного виробу з штукатурки, наповненої алюмосилікатними мікросферами, були виготовлені зразки шляхом змішування портландцементу й піску з алюмосилікатними мікросферами у пропорції 1:2, з яких формували покриття розмірами близько $100 \times 100 \times 20 \text{ мм}$ та поміщали на бетон і витримували протягом 21 доби (рис. 1). Для проведення досліджень використовували обладнання з пальником горючого газу, яке була оснащено пристроєм для вимірювання та реєстрації температури.



Рис. 1. Зразок виробу для досліджень

Визначення вогнезахисних властивостей штукатурки здійснювали шляхом оцінювання характеристик температури на оберненій поверхні під дією полум'я в лабораторних умовах, які контролюються. Випробування проводили протягом 1800 с, при цьому пальник встановлювали у горизонтальному положенні з висотою полум'я 40 мм . Після чого пальник підпалювали, підводили до зразка та вимірювали температуру на зворотній поверхні штукатурки [4]. Критерієм визначення теплопровідності вогнезахисного покриття при термічній дії є утворення температури на внутрішній поверхні штукатурки понад $200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Результати досліджень з визначення ефективності вогнезахисту бетону наведено на рис. 2, а на рис. 3 показано експериментальну криву температури на внутрішній поверхні штукатурки.

Дослідження показали, що при дії полум'я пальника зразок вогнезахисного покриття витримав термічний вплив. При дії високої температури відбувалось теплоізолювання бетону протягом 1800 с, температура на оберненій поверхні оболонки кабелю не перевищила $120 \text{ }^\circ\text{C}$.



Рис. 2. Визначення ефективності вогнезахисту бетону

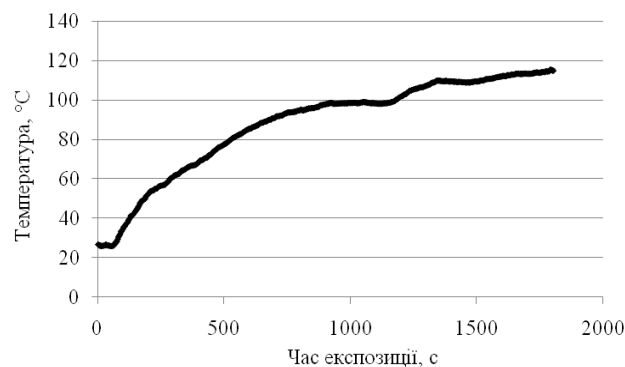


Рис. 3. Температура на оберненій поверхні штукатурки при впливі полум'я пальника

Таким чином, особливості гальмування процесу передавання тепла до бетону, що оброблений штукатуркою (вогнезахисним покриттям), полягають в утворенні на поверхні теплозахисного шару. Так, на поверхні зразка була створена температура, що значно перевищила температуру розкладу бетону, а на необігрітій поверхні – не перевищила 120 °C.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шналь Т.М., Турчин Б.Р., Бліхарський З.З., Вегера П.І. Методика досліджень залізобетонних балок з пошкодженнями, отриманими за дії навантаження. Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва». 2018. № 877. С. 212-217.
2. Tsapko Y., Likhnyovskyi R., Tsapko A., Bielikova K., Poteriaiko S., Illiuchenko P., Bondarenko O. Determination of the regulations of the formation of the insulation layer of pinocox in fire protection of concrete with intumescent coatings. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 6. No 10 (126). P. 65-72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.293685>.
3. Tsapko Yu., Tsapko A., Bondarenko O., Chudovska V., Sotnikova I., Sotnikov D. Thermophysical characteristics of the formed layer of pinocox in fire protection of fabric by composition based on modified phosphorus-ammonied. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 3, No 10 (111). P. 34-41. doi: [10.15587/1729-4061.2021.233479](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233479).

4. Khalili P., Tshai K.Y., Hui D., Kong I. Synergistic of ammonium polyphosphate and alumina trihydrate as fire retardants for natural fiber reinforced epoxy comp. Composites Part B: Engineering. 2017. Vol. 114. P. 101-110.

ESG СТРУКТУРА ДЛЯ ПРОЄКТІВ РЕКОНСТРУКЦІ ЗАСТАРІЛОГО ЖИТЛА

Артем Циба, Тетяна Кривомаз

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
absqueee@gmail.com, kryvomaz.ti@knuba.edu.ua*

Принцип «відбудувати краще, ніж було» не тільки стає ключовим для відбудови після військових руйнувань, але й спрямовує будівельників України до переосмислення підходів у перебудові застарілого міського фонду. Цей процес супроводжується низкою проблем фінансового, технологічного та соціального характеру, які потребують обов'язкового вирішення. Водночас для будівельних компаній обов'язковою стає ESG (екологічна, соціальна та управлінська) звітність. Це спосіб вимірювання ефективності бізнесу, забезпечення прозорості, зниження ризиків та розкриття можливостей. Стандартизовані рамки та методики для оцінки якісних і кількісних даних дозволяють об'єктивно оцінити та порівняти показники ефективності діяльності компаній. Чи можливо використати цю ретельно відпрацьовану рамкову структуру та методологію для проєктів перебудови та реконструкції застарілого житлового фонду?

Екологічна складова. Сучасні вимоги декарбонзації будівельної галузі створюють підґрунтя для впровадження принципів зеленого будівництва при реконструкції старих будівель. Екологічний розділ ESG стандартів вимагає враховувати кліматичні зміни, забруднення, водні та морські ресурси, біорізноманіття та екосистеми, використання ресурсів і принципи циркулярної економіки. Всі нові споруди мають бути пристосовані до зростання частоти екстремальних погодних явищ, а в умовах військових загроз необхідно дбати про додатковий захист та безпеку. Економії водних ресурсів сприяє система з окремими контурами для питної та «сірої» води, яку можна використовувати для технічних потреб після локальної очистки. Це знижує навантаження на центральну водопровідну систему і дозволяє економити 50-70% води [1]. А якщо додати систему збору опадів, то економія стає ще більш суттєвою. Однак таку ефективну систему водопостачання неможливо створити за рахунок капітального ремонту некондиційних будівель, для цього потрібна кардинальна перебудова. Концепція децентралізованого, диверсифікованого локального опалення та енергозабезпечення зі збільшенням долі відновлюваних джерел енергії набуває поширення не тільки через екологічність, але й у зв'язку з руйнуванням централізованої енергосистеми внаслідок ворожих атак. Ефективна теплоізоляція та модернізоване постачання тепла забезпечують скорочення викидів CO₂ на 60% [2].

Раціональне використання ресурсів, зменшення кількості відходів та дотримання принципів циркулярної економіки стає нормою сучасного будівництва. Але житловим комплексам, крім пунктів сортування сміття, не вистачає безпечної мобільної установки по локальній переробці побутових відходів. Велика увага при реконструкції приділяється транспортній інфраструктурі, велосипедним доріжкам, пішохідним маршрутам та зеленим зонам.

Ретельні розрахунки з використанням он-лайн ESG калькуляторів втіленого та експлуатаційного вуглецю дозволять визначити оптимальний сценарій поводження з старою будівлею. Співвідношення ціни та показників зменшення негативного впливу на довкілля дозволяє зробити обґрунтований вибір між знесенням та реконструкцією. Заздалегідь можна передбачити, що результати порівняльної оцінки будуть залежати від обраних технологій. Якщо будуть використані інноваційні технології 3-Д друку з переробленого на місці будівельного сміття на основі принципів циркулярної економіки, то кращим виявиться сценарій повного знесення старої будівлі з побудовою на тому ж самому місці нової споруди. Сценарій реконструкції може виявитись дешевшим, однак він не покращить кардинально ні якість побудованого середовища, ні інфраструктуру. Навіть капітальний ремонт хрущовок не зробить їх достатньо привабливими і не зможе довести їх до рівня сучасних стандартів якості будівництва. Такі будівлі спотворюють міські ландшафти і позбавляють їх мешканців шансу на гідні умови життя. Незважаючи на це, мешканці старих будинків у своїй більшості виступають категорично проти їх знесення. Вони не хочуть міняти звичний район проживання і не довіряють владі і забудовникам, оскільки бояться втратити житло, або опинитися на околицях. Тільки прозора соціальна політика, гарантії держави та забудовників, а також відповідальне управління проєктами реконструкції застарілого житла може переконати мешканців на знесення та нове будівництво на старому місці.

Соціальні аспекти. Для обговорення проєкту перебудови ще на стадії концепції необхідно залучити всіх можливих стейкхолдерів. Слід орієнтуватись на наявне соціальне різноманіття в районі, в залежності від якого буде формуватися концепція нового будинку. На час перебудови мешканцям необхідно надати вибір умов тимчасового переселення у вільне житло поблизу, або у інші райони. При цьому слід враховувати потреби і вимоги кожної родини, а витрати по переселенню та компенсації за незручності мають справедливо розділити держава та девелопери. Мешканці повинні отримати надійні гарантії про повернення у відбудоване житло, які доцільно підкріпити спеціальним страхуванням. Для соціального аспекту слід сформувати команду із психологів, соціальних працівників, спеціалістів з міського планування та юристів. Спеціальні комітети обговорюють пропозиції для певних цільових груп, зокрема для дітей, молоді та людей похилого віку. В залежності від потреб певних соціальних груп, до плану реконструкції включають школи, садки, поліклініки, зелені зони, спортивні зали та

торгівельні центри. Узгоджене з місцевими жителями проектування створює нові робочі місця поруч з місцем проживання [2]. Соціальні аспекти ESG стандартів розглядають власну робочу силу, працівників в ланцюжку вартості, кінцевих користувачів / споживачів та вразливі громади. В понівеченій війною Україні до найбільш вразливих груп населення належать ветерани, переселенці, діти і люди похилого віку. Інклюзивність тепер стала відправною точкою всіх будівельних та інфраструктурних проєктів. У нових житлових комплексах громадські простори формуються в залежності від потреб різних соціальних груп, що особливо актуально з огляду на демографічні виклики, які стоять перед Україною. Для дітей будуються ігрові зони, дитячі садки, освітні центри, що позитивно впливає на показники народжуваності [2]. Соціальне різноманіття підтримується проєктами доступного житла для ветеранів і переселенців. Громадські центри служать місцем для зустрічей, культурних заходів та соціальних ініціатив.

Управління проєктом перебудови та реконструкції застарілого житлового фонду. Розділ управління в стандартах ESG включає загальну інформацію про управління, внутрішній контроль, ведення бізнесу та управління ризиками. На етапі розробки концепції проєкту реконструкції будівлі або мікрорайону доцільно створити координаційну раду стейкхолдерів, асоціацію мешканців або інші об'єднання зацікавлених осіб, які допоможуть приймати обґрунтовані рішення та разом відстоювати спільні інтереси. Управління здійснюється на засадах цілковитої підзвітності та прозорості із можливістю обговорення та втручання на всіх етапах реалізації проєкту. Це допоможе залучати інвестиції, керувати вибором виконавців та захищати інтереси місцевих жителів. Ретельне планування допомагає уникнути багатьох помилок в процесі реалізації. Управління будинком чи житловим комплексом може приймати різноманітні форми і по завершенню відбудови. Наприклад, в екологічних житлових комплексах створюють асоціації для спільного використання автомобілів, щоб не використовувати прибудинкову територію для парковок. До планування та управління проєктами будівництва, реконструкції та відбудови житлових будівель мають бути залучені різні категорії населення для врахування різноманітних потреб стейкхолдерів.

Використання структурованого підходу стандартів ESG звітності для упорядкування процесу перебудови та реконструкції застарілого житлового фонду допоможе вирішити екологічні та соціальні проблеми управління проєктами, що забезпечить прозорість та довіру мешканців і потенційних інвесторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Asif M., Searcy C., Castka P. ESG and Industry 5.0: The role of technologies in enhancing ESG disclosure / Technological Forecasting and Social Change, vol. 195, 2023. pp 122-806.

Pollman E. The making and meaning of ESG. Harv. Bus. L. Rev., vol. 14, 2024. pp 403-453.

РОЗРОБЛЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ФАКТОРІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ПОЯВУ ТА ПЕРЕБІГ «СИНДРОМУ ХВОРОЇ БУДІВЛІ»

Цюрюпа Юрій, Бубон Сергій

Київський національний університет будівництва і архітектури, аспіранти

jurij.zurupa@gmail.com bybon_cergey@ukr.net

Термін «синдром хворої будівлі» (Sick Building Syndrome, SBS) було запроваджено ВООЗ у 1986 році, коли вони також підраховали, що 10-30% новозбудованих офісних будівель на Заході мають проблеми з повітрям у приміщеннях [1].

Термін «синдром хворої будівлі» (sick building syndrome – SBS) використовується для опису ситуацій, коли довготривале перебування людей у певній будівлі призводить до різних недуг, проте об'єктивних причин, щоб свідчили про конкретну хворобу, немає [2].

Агентство з охорони навколишнього середовища (ЕРА) визначило «синдром хворої будівлі (SBS)» як ситуацію, в якій мешканці будівлі мають гострі проблеми зі здоров'ям та комфортом, які, мабуть, пов'язані з часом, проведеним у будівлі, але не можуть бути ідентифіковані жодні конкретні захворювання чи причини». Крім того, у Європейській організації узгоджених дій (ЕСА) термін «синдром хворої будівлі» позначає категорію різних симптомів, які відчуваються переважно людьми, які працюють у будівлях, що кондиціонуються» [3].

На сьогодні взагалі не існує чіткої класифікації негативних факторів «синдрому хворої будівлі». Кліматичні фактори не виділені окремо, чітко не зазначені забруднювальні фактори зовнішнього середовища, хоча скрізь підкреслюється їхня значущість. Деякі негативні фактори внутрішнього середовища, як-от антропотоксини, тютюновий дим чітко не долучені до однієї групи факторів, а згадуються у декількох групах, що ускладнює їх визначення.

В наявній державній класифікації «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [4], кліматичні фактори (температура, відносна вологість повітря, освітленість, швидкість руху повітря) відносяться до фізичних факторів. Також незрозумілим остається питання щодо класифікації деяких забруднювачів, наприклад, тютюнового диму та антропотоксинів, які є виділеннями від людини. Таким чином можна зазначити, що сучасна гігієнічна класифікація та класифікація діючих шкідливих факторів, яка наведена у неї, потребує розширення та удосконалення.

Виходячи з цього, ми пропонуємо створення класифікації небезпечних факторів «синдрому хворої будівлі». В запропонованій класифікації пропонується поділяти фактори впливу на зовнішні та внутрішні. До

зовнішніх факторів пропонується введення кліматичних (температура, відносна вологість повітря, швидкість вітру, сонячна радіація), екологічних (хімічне забруднення повітря, біологічне забруднення), радіаційних (радіація від природних джерел, радіація від техногенних джерел) та відеоекологічних факторів (агресивне забудова, депресивні ландшафти, нестача озеленення, світлове забруднення).

Фактори внутрішнього середовища ми пропонуємо поділити на параметри внутрішнього середовища (температура, відносна вологість, швидкість вітру, освітлення), фізичні (шум, вібрація, інфразвук, електромагнітні хвилі, електричні поля, магнітні поля), технічні (системи формування мікроклімату, техніка, обладнання), радіаційні (радон, β й γ -фон), психологічні (стрес від недосконалого дизайну та відеоекологічних факторів, дискомфорту, шуму, вібрації, інфразвуку) та біохімічні (токсини, хімічні елементи, ЛОР, бактерії, пліснява, спори, віруси, дим від куріння).

Існують технічні методи покращення параметрів внутрішнього середовища, які базуються на використанні різних технічних засобів для зменшення дії шкідливих факторів. Наприклад, для оптимізації температури використовуються системи опалення та кондиціонування повітря; для покращення відносної вологості застосовуються зволожувачі, осушувачі або системи кондиціонування повітря; для освітленості – світлозахисні засоби та внутрішнє енергоефективне освітлення. Для боротьби з біохімічними факторами використовуються побутові фільтри. До ефективних природних біотехнічних фільтрів відносяться рослини.

Дії рослин спрямовані на покращення не одного фактору внутрішнього середовища, а на весь комплекс факторів. Рослини покращують психо-емоційний комфорт, підвищують вологість повітря, поглинають шкідливі речовини та секвеструють CO₂, знищують патогенну мікрофлору за рахунок виділення фітонцидів, відлякують шкідників за рахунок алелопатичних речовин та хімічного складу рослинного соку, сприяють поглинанню шуму. Тому рослини активно та вдало використовуються у біофільному дизайні та зонуванні приміщень. Виходячи з комплексної позитивної дії рослин на покращення всіх негативних факторів внутрішнього середовища, рослини вважаються перспективним дешевим засобом для боротьби з СХБ, створення безпечного внутрішнього середовища, покращення гігієни праці та здоров'я людей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Синдром хворої будівлі. Вікіпедія. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BC_%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8FLfnf. Дата звернення: 24.04.2025.

2. Центр громадського здоров'я МОЗ України. Синдром хворої будівлі: причини ознаки та профілактика. 27.07.2021. URL:

<https://phc.org.ua/news/sindrom-khvoroi-budivli-prichini-oznaki-ta-profilaktika>.
Дата звернення: 24.04.2025.

3. Maryam Sarkhosh, Ali Asghar Najafpoor, Hosein Alidadi, Jamal Shamsara, Hanieh Amiri, Tittarelli Andrea, Fatemeh Kariminejad. Air Quality associations with sick building syndrome: An application of decision tree technology. Building and Environment. Volume 188. 01.2025. URL.: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107446>. Дата звернення: 03.05.2025.

4. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» Наказ Міністерства охорони здоров'я України 08.04.2014 № 248. URL.: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#n212><https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#n212>. Дата звернення: 01.05.2025.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ГОРІННЯ ГАЗОВОГО ПАЛИВА В ОБЛАДНАННЯХ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Швець Я.В.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Концепція технічних рішень модернізації і розробки теплоенергетичних технологій базується на поєднанні практики і теорії, спрямованої на забезпечення високих екологічних і теплотехнічних показників.

Розвиток теорії горіння здійснюється на основі законів хімічної кінетики, фізичного молекулярного переносу діючих мас і температурних умов. Сутність цих законів полягає в молекулярній взаємодії різних компонентів горючих речовин з окиснювачем, що обумовлює складний процес горіння. Важливим фактором є фізика тепломасообмінних процесів дифузії, теплопровідності, в'язкого руху.

На базі теоретичних розробок освоєні різні методи організації процесів горіння, в результаті яких отримані практичні розробки, які спрямовані на: оптимізацію значення коефіцієнта надлишку повітря; скорочення часу перебування продуктів згоряння в зоні високих температур; зниження теплового напруження топкового об'єму; допалювання шкідливих продуктів згорання різними методами.

Аналіз науково – практичних досліджень складних процесів горіння показав, що головною причиною не повного згорання палива є низька реакційна спроможність вуглеводнів з кисневим окиснювачем. У результаті в продуктах згоряння утворюється NO, CO від збільшення якого в балансі атмосфери зростає кількість токсичних речовин.

При експлуатації доведено, що в кожному конкретному випадку процес горіння не може бути ідеально організованим, потрібні зміни на нових фізико

– хімічних принципах. За останні роки розробляються перспективні технології активізування реакції горіння, сутність яких полягає в застосуванні:

1. Лазерного випромінювання [1]. Аналіз експериментальних досліджень і чисельного моделювання показали, що сфокусований лазерний промінь, навіть малої потужності, утворює мікро вибуховий турбулентний режим в топковому просторі. Встановлено, що причиною є поглинання фотонів реагентами, які призводять до коливального розігріву горючої суміші із значними змінами кінетики реакції горіння. У результаті вибухового характеру утворюються тверді вуглеводневі структури в напрямку лазерного проміння, що дозволяють регулювати хімічний процес режиму горіння в топковому об'ємі.

2. Електричного розряду, електричного та магнітного поля [2]. Наявні напрямки можна поділити на групи:

- формування хімічно – активних іонізованих атомів і радикалів під дією електричного розряду;
- збудження молекул O_2 в коливально–електронному полі;
- електрокаталітичний метод, сутність якого полягає в обробці газового палива і газоповітряної суміші електричним розрядом з застосуванням каталізатору - оксиду магнію–алюмінію, який розташовується в зоні горіння.
- магнітного поля (МП). За даним Національного інституту матеріалів та хімічних досліджень (Японія), МП сприяє горінню в дифузійному полум'ї.

3. Озонового методу [3]. Особливість його полягає у швидкості реакції окислювання найпростіших алканів при значно нижчих температурах ніж у випадку використання кисню.

Ці явища важливі і при розробці механізмів горіння нових технологічних топочних камер.

Виконаний аналіз інтенсифікації горіння орієнтований на подальші дослідження на нових принципах. Як окислювач пропонується застосування озону, оскільки реакційні властивості його, вище ніж у кисню, а його отримання технічно не складне та екологічне порівняно розглянуті методи.

Техніко–економічна можливість застосування озону як окислювача при концентрації $100-250 \text{ мг/м}^3$ для теплових агрегатів теплової потужності 16-25 кВт і середньому споживанню газу $1 \text{ м}^3/\text{год}$ протягом доби потребує біля 50 г озону, для отримання якого енергетична витрата встановить біля $4,0 \text{ кВт*год}$.

Подальші дослідження полягають у визначенні раціональної організації взаємодії багатокомпонентних речовин газового полум'я з озоном.

ЛІТЕРАТУРА:

1. T. X. Phuoc, F. P. White. Laser – induced spark ignition of CH_4 /air mixtures combustion and Flame. – 1999. -Vol. 119, no.3. – P. 203 – 216.
2. SEO A. Study on the removal of unburned hydrocarbon by ozone. Annual Technical Report Digest, 9, 1999.
3. Rotzole. G. Mass spectrometric investigation and computer modelling of the $CH_4 - O_2 - O_3$ reaction from 480 to 830, K. J. Phys. Chem, 90, 677, 1986.

ВЕРТИКАЛЬНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА ЗА СУЧАСНИМИ ВИМОГАМИ І ТЕХНОЛОГІЯМИ

Тетяна Ткаченко, Маргарита Шовкун, Дмитро Клімович

Київський національний університет будівництва і архітектури

Згідно з Copernicus – європейською службою моніторингу зміни клімату – літо 2024 року було найтеплішим у сучасній історії, «перевищивши на 1,5°C доіндустріальний рівень — поріг, встановлений Паризькою угодою для зниження ризиків і наслідків зміни клімату» [2].

Планування сучасних світових міст не здатне справлятися з такими температурними викликами. Потрібні інші технології, засновані на концепції сталого розвитку на енергоефективності. Одним з таких підходів для кліматозалежної будівельної галузі є зелене будівництво.

Зелене будівництво — це серія технологій, повний перелік яких постійно збільшується, спрямованих на впровадження більш енергоефективних і екологічно чистих методів будівництва. До технологій зеленого будівництва відноситься використання зелених конструкцій — поєднання будівельних конструкцій з живими рослинами: зелені покрівлі, вертикальне озеленення, фасадні зелені блоки, озеленення схилів тощо.

Вертикальне озеленення — це використання певних видів рослин, які спеціально висаджуються вздовж фасадів будівель та мають здатність витися ними. Вертикальні конструкції мають ряд позитивних функцій: додаткове охолодження та утеплення, поглинання вуглецю, маскування недоліків фасадів та покращення їхнього зовнішнього вигляду.

Згадана технологія не є новою: її успішно інтегрують у багатьох європейських країнах, таких як Іспанія, Німеччина, Бельгія та Польща (рис.1), а також використовують в проєктах в Україні. Наприклад, «Місто живої стіни» в Києві, а також проєкти у Львові та Івано-Франківську [1,3-8].

Найчастіше для вертикального озеленення використовують віноград тріогострий Вічі (*Parthenocissus tricuspidate Veitchii*). Вважається, що ця рослина невибаглива, декоративна та пагони мають здатність самостійно чіплятися за поверхню, що сприяє кращому заростанню фасадів.

Але, непродумана технологія висадки рослин та порушення технології вирощування призводять до неможливості росту та розвитку, а отже, до неможливості вертикального озеленення виконувати свої основні функції. На рис.2 наведено приклад невдалого використання *Parthenocissus tricuspidate Veitchii*, коли в якості фасаду для плетіння використовувалося скляне вікно. Зрозуміло, що це приклад невдалого використання для вертикального озеленення, бо рослинам практично неможливо чіплятися за скло, що робить таке озеленення неефективним.



Рис. 1. Національний музей, м.Вроцлав, Польща. Фасад з вертикальним озелененням (авторське фото)



Рис.2. Приклад невдалого використання опорної стіни для вертикального озеленення (авторське фото)

Отже, вертикальне озеленення – перспективна технологія зеленого будівництва, яка є недорогою та виконує багато позитивних функцій в умовах сучасної щільної забудови урбоценозів.

Але для професійного впровадження вертикального озеленення потрібно правильно обирати опорну поверхню.

ЛІТЕРАТУРА

1. Cuce PM, Cuce E, Guclu T, Demirci V. Energy Saving Aspects of Green Facades: Current Applications and Challenges. Green Building & Construction

Economics [Електронне джерело]. 2021 Oct. 8 [cited 2025 Mar. 16];2(2):18-2. URL: <https://ojs.wiserpub.com/index.php/GBCE/article/view/1007>

2. Global Climate Highlights 2024. - Copernicus. Europe's eyes on Earth. [Електронне джерело] URL: <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024>

3. Sherwood Forest. Green residences in Lviv, Ukraine. Behance [Електронне джерело] URL: <https://www.behance.net/gallery/121287467/Sherwood-Green-Residences-in-Lviv-Ukraine?>

4. Christoph Ingenhoven designs Europe's largest green façade with 8 kilometres of hornbeam hedges and over 30,000 plants in the center of Düsseldorf. Global Design News. [Електронне джерело] URL: <https://globaldesignnews.com/christoph-ingenhoven-designs-europes-largest-green-facade-with-8-kilometres-of-hornbeam-hedges-and-over-30000-plants-in-the-center-of-dusseldorf/>

5. The greatest green façade in Europe. Mobilane [Електронне джерело] URL: <https://mobilane.com/projects/the-greatest-green-facade-in-europe/>

6. Europe's Most Innovative Library Has a Botanical Garden on the Roof. Warsaw University Library stylishly connects the past and present. Wired.[Електронне джерело] URL: <https://www.wired.com/story/warsaw-university-library-warsaw-poland-travel/>

7. Катерина Белоусова. В Івано-Франківську побудують перший хмарочос з вертикальними садами. Екополітика. [Електронне джерело] URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-ivano-frankivsku-pobudujut-pershij-hmarochos-z-vertikalnimi-sadami/>

8. Аліна Мох. “Місто живих стін”: Київ впроваджує стратегію вертикального озеленення. PRAGMATIKA. Media. [Електронне джерело] URL: <https://pragmatika.media/news/misto-zhivih-stin-kiiv-vprovadzhuie-strategiju-vertikalnogo-ozelenennja/>

ОЦІНКА АКУСТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕЛЕНОГО ФАСАДУ З ВИКОРИСТАННЯМ *PARTHENOCISSUS QUINQUEFOLIA*

Костянтин Шумбар, Тетяна Ткаченко

Київський національний університет будівництва і архітектури

Зростання шумового навантаження в містах та нестача коштів і місця для розміщення шумопоглинальних конструкцій потребує ефективних біотехнологічних засобів, зокрема використання зелених конструкцій, а саме, вертикального озеленення для покращення акустичного комфорту житлових будівель.

Інтенсивна урбанізація та розвиток транспортної інфраструктури зумовлюють зростання екологічних проблем, зокрема шумового забруднення, основними джерелами якого є транспорт та промисловість [1]. Надмірний

рівень шуму негативно впливає на здоров'я людини, спричиняючи стрес, порушення сну та інші порушення самопочуття [2]. За даними ВООЗ, шум посідає друге місце серед екологічних факторів ризику після забруднення повітря [3].

Традиційні методи шумозахисту, як-от екрани та звукоізоляційні матеріали, є дорогими та складними у впровадженні. Екологічно ефективною альтернативою є зелені конструкції — зелені стіни та дахи, які здатні природним шляхом знижувати рівень шуму завдяки властивостям рослинного покриву [4]. Вони також забезпечують додаткові екосистемні послуги: підвищення біорізноманіття, покращення якості повітря, зменшення ефекту теплового острова та ефективне водовідведення, що особливо важливо в умовах зміни клімату [5].

У контексті сталого будівництва, яке спрямоване на зменшення негативного екологічного впливу та підвищення комфорту, дедалі більшого значення набуває використання зелених фасадів. Міжнародні системи сертифікації будівель, як-от LEED, BREEAM, DGNB, оцінюють екологічність об'єктів за різними показниками, включаючи акустичний комфорт.

У дослідженні розглядається потенціал вертикального озеленення — зокрема використання дикого винограду (*Parthenocissus quinquefolia*) — як ефективного засобу зниження рівня шуму як ззовні, так і всередині будівель [6, 7].

Зелені дахи, що складаються з рослинного покриву, субстрату та гідроізоляції, покращують теплоізоляцію будівель і зменшують вплив зовнішнього шуму. Дослідження свідчать, що вони здатні знижувати рівень шуму до 10 дБ на низьких частотах і до 20 дБ — на середніх [8].

Зелені стіни, ефективно поглинають і розсіюють звукові хвилі, сприяючи зниженню шуму як зовні, так і в приміщеннях. Встановлено, що вони можуть зменшувати рівень шуму до 10 дБ, перевершуючи ефективність традиційних матеріалів на кшталт бетону чи скла [9]. Їхня акустична ефективність залежить від виду рослин, густоти озеленення та характеристик субстрату. Деякі конструкції демонструють коефіцієнт звукопоглинання понад 0,60, що свідчить про їхню високу здатність зменшувати рівень відбитого звуку [10].

У приміщеннях вертикальні конструкції знижують реверберацію та покращують розбірливість мовлення, а також здатні поглинати до 70% звукової енергії на певних частотах, зменшуючи офісний шум [11, 12]. Більшість досліджень проводиться в лабораторних умовах із використанням імпендансних труб і ревербераційних камер, однак зростає зацікавлення у вивченні ефективності таких систем у реальних міських умовах [6, 13].

Огляд понад 40 наукових робіт підтверджує, що вертикальне озеленення особливо ефективно в середньо- та високочастотному діапазоні, за умов щільної конструкції без повітряних порожнин [14]. Особливу увагу привертає застосування зелених фасадів у сучасних містах, де вони мають значний потенціал для покращення акустичного середовища.

У цьому контексті дослідження з оцінки акустичної ефективності фасадів, озелених *Parthenocissus quinquefolia*, з урахуванням сезонної динаміки, робить важливий внесок у розробку екологічно доцільних архітектурних рішень, що поєднують функціональність, естетику та сталий розвиток [15, 16].

Метою дослідження є визначення акустичної ефективності зеленого фасаду з використанням *Parthenocissus quinquefolia* у зниженні шумового навантаження як у зовнішньому, так і у внутрішньому середовищі житлової будівлі. Основну увагу зосереджено на впливі листяного покриву на зменшення рівня звукового тиску всередині приміщення з метою підвищення акустичного комфорту мешканців.

Дослідження реалізовано методом натурного експерименту із застосуванням макету фасаду, виготовленого з жорсткого матеріалу. Акустичні вимірювання проводились відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-86:2009 у двох конфігураціях: з наявним листковим покривом та без нього. Для кожного варіанту виконувалися вимірювання рівня звукового тиску, після чого дані піддавались статистичному аналізу.

З метою підтвердження результатів також застосовано математичне моделювання хвильового поширення звуку з урахуванням поглинальних характеристик рослинного шару. Дослідження охоплювало три сезонні стани фасаду: повний листковий покрив, часткове опадання листя та його повну відсутність, що дозволило оцінити сезонну варіативність акустичних властивостей.

Результати проведеного дослідження підтверджують ефективність зеленого фасаду, утвореного *Parthenocissus quinquefolia*, у зниженні шумового навантаження в умовах житлового середовища. Установлено, що листяний покрив формує природний пористий шар, здатний до часткового поглинання та розсіювання звукових хвиль, особливо в середньочастотному діапазоні.

У фазі повного озеленення рівень звукового тиску у внутрішньому середовищі зменшувався в середньому на 3–4 дБ, що має позитивний вплив на акустичний комфорт мешканців. Порівняння трьох сезонних станів фасаду продемонструвало наявність сезонної варіації акустичних властивостей, що свідчить про динамічну змінність ефективності озеленення протягом року.

Отримані дані узгоджуються з результатами математичного моделювання, що підкріплює надійність висновків і підтверджує доцільність застосування вертикального озеленення як складової сталого архітектурного проектування. Таким чином, використання *Parthenocissus quinquefolia* як рослинного компонента фасадів може розглядатися як ефективне природне рішення для зниження шумового забруднення в міському середовищі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Park, K.; Lee, J. Mitigating Air and Noise Pollution through Highway Capping: The Bundang-Suseo Highway Cap Project Case Study. *Environmental Pollution* **2024**, *346*, 123620, doi:10.1016/j.envpol.2024.123620.

2. Arsalan, M.; Chamani, A.; Zamani-Ahmadm Mahmoodi, R. Sustaining Tranquility in Small Urban Green Parks: A Modeling Approach to Identify Noise Pollution Contributors. *Sustainable Cities and Society* **2024**, *113*, 105655, doi:10.1016/j.scs.2024.105655.
3. Schwela, D.H. The World Health Organization Guidelines for Environmental Noise. *noise news int* **2000**, *8*, 9–22, doi:10.3397/1.3703044.
4. Ngcobo, N.; Akinradewo, O.; Mokoena, P. Evaluating the Measures to Promote Sustainable Transport Infrastructure: A Case of City of Johannesburg, South Africa. *Journal of Engineering* **2024**, *2024*, 6372226, doi:10.1155/je/6372226.
5. Cosola, V.O.-D.; Navacerrada, M.Á.; Ruiz-García, L.; Olivieri, F. Evaluating the Acoustic Absorption of Modular Green Walls: Laboratory and Field Assessments Using An Impedance Gun 2024.
6. Oquendo-Di Cosola, V.; Olivieri, F.; Ruiz-García, L. A Systematic Review of the Impact of Green Walls on Urban Comfort: Temperature Reduction and Noise Attenuation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2022**, *162*, 112463, doi:10.1016/j.rser.2022.112463.
7. Shushunova, N.; Korol, E.; Luzay, E.; Shafieva, D.; Bevilacqua, P. Ensuring the Safety of Buildings by Reducing the Noise Impact through the Use of Green Wall Systems. *Energies* **2022**, *15*, 8097, doi:10.3390/en15218097.
8. Connelly, M.; Hodgson, M. Experimental Investigation of the Sound Transmission of Vegetated Roofs. *Applied Acoustics* **2013**, *74*, 1136–1143, doi:10.1016/j.apacoust.2013.04.003.
9. Van Renterghem, T.; Botteldooren, D.; Verheyen, K. Road Traffic Noise Shielding by Vegetation Belts of Limited Depth. *Journal of Sound and Vibration* **2012**, *331*, 2404–2425, doi:10.1016/j.jsv.2012.01.006.
10. Pérez, G.; Coma, J.; Barreneche, C.; De Gracia, A.; Urrestarazu, M.; Burés, S.; Cabeza, L.F. Acoustic Insulation Capacity of Vertical Greenery Systems for Buildings. *Applied Acoustics* **2016**, *110*, 218–226, doi:10.1016/j.apacoust.2016.03.040.
11. Scamoni, F.; Scrosati, C.; Depalma, M.; Barozzi, B. Experimental Evaluations of Acoustic Properties and Long-Term Analysis of a Novel Indoor Living Wall. *Journal of Building Engineering* **2022**, *47*, 103890, doi:10.1016/j.jobbe.2021.103890.
12. Davis, M.J.M.; Tenpierik, M.J.; Ramírez, F.R.; Pérez, M.E. More than Just a Green Facade: The Sound Absorption Properties of a Vertical Garden with and without Plants. *Building and Environment* **2017**, *116*, 64–72, doi:10.1016/j.buildenv.2017.01.010.
13. Laforteza, R.; Sanesi, G. Nature-Based Solutions: Settling the Issue of Sustainable Urbanization. *Environmental Research* **2019**, *172*, 394–398, doi:10.1016/j.envres.2018.12.063.
14. Bakker, J.; Lugten, M.; Tenpierik, M. Applying Vertical Greening Systems to Reduce Traffic Noise in Outdoor Environments: Overview of Key

Design Parameters and Research Methods. *Building Acoustics* **2023**, 30, 315–338, doi:10.1177/1351010X231171028.

15. Bakker, J.; Lugten, M.; Tenpierik, M. Applying Vertical Greening Systems to Reduce Traffic Noise in Outdoor Environments: Overview of Key Design Parameters and Research Methods. *Building Acoustics* **2023**, 30, 315–338, doi:10.1177/1351010X231171028.

16. Ottele, M. *The Green Building Envelope: Vertical Greening*; TU Delft: Delft, 2011; ISBN 978-90-90-26217-8.

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО МАСКУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ

Оксана Касьянова

Київський національний університет будівництва і архітектури

kasianova.om@knuba.edu.ua

У сучасних умовах ескалації воєнних конфліктів, гібридних загроз і широкого використання високоточної зброї зростає вразливість об'єктів критичної інфраструктури до ураження. Особливу загрозу становлять засоби технічної розвідки, зокрема дрони, супутникові платформи, тепловізійні сенсори та багатоспектральні камери, які дають змогу виявляти, ідентифікувати й уражати об'єкти з високою точністю. Ця тенденція висуває нові вимоги до інженерно-будівельного захисту, серед яких маскування набуває стратегічного значення.

Маскування в таких умовах - це не лише візуальне пристосування об'єкта до навколишнього середовища, а й складна інженерно-технічна система, що включає адаптивні конструктивні рішення, інтеграцію природних елементів, застосування матеріалів із керованими фізичними властивостями та автоматизовані системи управління. Ефективне маскування повинне знижувати ймовірність виявлення об'єкта у всіх основних спектральних діапазонах - оптичному, інфрачервоному, радіолокаційному - і відповідно мінімізувати ризик його ураження.

До початку активної фази бойових дій на території України дослідники акцентували увагу на тому, що цілями комплексного захисту об'єктів є максимальне зниження вірогідності ураження об'єктів економіки і інфраструктури високоточною зброєю, зменшення розмірів можливого збитку і втрат [1]. Вказані цілі запропоновано досягти вирішенням наступних основних завдань:

- утаєнням об'єктів на місцевості за рахунок використання статичних і динамічних аерозольних перешкод, масок-екранів, теплопоглинаючих покриттів і зелених насаджень;

- зміною фізичних полів об'єктів за рахунок зменшення контрастності, спорудою помилкових цілей і постановкою статичних перешкод;

- протидією системам наведення високоточної зброї постановкою «динамічних» перешкод на основі використання боєприпасів-перешкод;
- раціональним поєднанням заходів, направлених на збереження об'єктів і підвищення їх фізичної стійкості;
- зниженням запасів токсичних і вибухо- та пожежонебезпечних речовин, використанням засобів і способів маскування критичних елементів об'єктів економіки [1].

Але, враховуючи характер використання засобів масового ураження та тактику ведення бойових дій, що постійно вдосконалюються та застосовуються не лише по лінії зіткнення, але й на мирних територіях в глибині країни, зростає потреба у розробці науково обґрунтованих технічних рішень, які поєднують сучасні технології маскування з системним підходом до оцінки ризиків. Такі рішення мають стати частиною архітектурного і будівельного проектування об'єктів, особливо вразливих до цілеспрямованих атак, і забезпечити інтеграцію маскувальних систем у загальну концепцію захисту територій. Представлене дослідження спрямоване на аналіз таких інноваційних підходів, їхню адаптивність та ефективність у протидії сучасним загрозам, а також на визначення основних проблем, що перешкоджають широкому впровадженню маскувальних технологій у практику цивільного і промислового будівництва.

Існуючі підходи до безпеки обмежені класичними інженерними рішеннями, які не враховують динаміку розвідки із застосуванням БПЛА, супутникового моніторингу та інфрачервоного виявлення, вимагає активних військових елементів захисту, що пов'язано зі значним кошторисом та вторинними ризиками їх застосування. У цьому контексті маскування набуває не лише інженерного, а й стратегічного значення.

Для вирішення проблематики даного дослідження доцільно використовувати нормативно-правову базу, що врегульовує оцінку ризиків та вразливостей й може бути відповідним чином актуалізована до специфіки завдання, а саме: ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови [2], MIL-STD-882E. Standard Practice for System Safety [3], USAF Risk Identification - Integration and Ilities RI3 Guidebook [4] та інші інструменти [5].

В ході вирішення завдання з пошуку оптимального рішення по захисту вразливих об'єктів господарювання та критичної інфраструктури проводиться оцінка вразливостей, розробляється матриця ризиків, застосовується експертне оцінювання, використовуються елементи ГІС-моделювання. Особлива увага приділяється оцінці ймовірностей ураження та потенційних економічних наслідків на основі відкритих статистичних та емпіричних даних. Моделювання варіантів маскування повинно враховувати особливості ландшафту, тип об'єкта, щільність та характер забудови, кількість та наявність персоналу й цивільного населення, характеристик маскувальних матеріалів.

Згідно зі стандартом ISO 31000:2018, оцінка ризику включає три ключові етапи:

1. Ідентифікація ризиків - визначення потенційних загроз, пов'язаних з виявленням об'єкта через оптичні, ІЧ та РЛ-канали.

2. Аналіз ризиків - визначення ймовірності виявлення та ступеня впливу уражаючих факторів на цілісність об'єкту.

3. Оцінка ризику - зіставлення рівня ризику з прийнятними рівнями відповідно до матриці ризиків.

Використовуючи для оцінки ризиків формулу (1) отримані результати можна інтерпретувати можливі результати так, як представлено у табл. 1:

$$R = P \times C, \quad (1)$$

де R – ризик ураження;

P – ймовірність виявлення;

C – критичність наслідків ураження (в балах від 1 до 10).

Таблиця 1

Оцінка ризику ураження об'єкта засобами типу БПЛА

Канал виявлення об'єкту ураження	Ймовірність виявлення (P)	Критичність наслідків (C)	Ризик (R)
Тепловізійний	0,7	9	6,3
Візуальний (день)	0,5	7	3,5
Радіолокаційний	0,3	8	2,4

Наведена оцінка враховує те, що при ідентифікації загроз виявлення об'єктів, які підлягають захисту, засобами ураження типу БПЛА, обладнаними тепловізором має високу ймовірність, виявлення супутниковою зйомкою з роздільною здатністю $\leq 0,3$ м, - середню ймовірність, а виявлення за допомогою РЛС розвідки артилерії, - низьку ймовірність для легких конструкцій.

В обраній моделі ризик вище 5 балів вважається критичним. Отже, основний акцент у комплексних заходах, що включають маскування має бути зроблений на тепловізійне та оптичне зниження сигнатури.

При оцінці небезпек ураження об'єктів, що підлягають захисту з використанням положень MIL-STD-882E доречно використовувати структуру, яка передбачає:

- Категоризацію рівнів небезпеки за наслідками (категорії I–IV);
- Частотність події (A–E);
- Матрицю ризику для визначення рівня ризику (від Незначного до Катастрофічного).

Приклад такої оцінки для сценарію, за яким відбувається виявлення об'єкта, для якого використовується маскування, дровою розвідкою з подальшим артилерійським ударом наведено у табл. 2.

Матриця MIL-STD-882 показала, що при неефективному маскуванні ризик залишається високим, навіть за наявності мінімального зменшення видимості.

Оцінці небезпек ураження на основі MIL-STD-882E

Параметр	Значення
Критичність наслідків	Категорія II – Серйозна
Частота	Рівень В – Імовірно в час виконання
Рівень ризику	Високий

Комплексний підхід та інтеграція оцінки за обома стандартами дозволить у реальних умовах

- кількісно обґрунтувати вибір конструкцій, які суттєво знижують параметри виявлення;
- створити карту зони ризику для розміщення об'єктів в умовах щільної міської та відкритої забудови;
- розрахувати економічну доцільність впровадження певних маскувальних систем залежно від зменшення ризику ураження об'єкту.

Використання зелених конструкцій, таких як зелені дахи та фасади, набуває все більшої популярності як ефективний засіб маскування об'єктів критичної інфраструктури [6]. Ці рішення не лише покращують естетичний вигляд будівель, але й забезпечують низку функціональних переваг, що сприяють зниженню їх вразливості до виявлення та атак.

Основні переваги зелених конструкцій, актуальні для вирішення завдання маскування (табл. 3):

Зменшення теплової сигнатури. Зелені дахи та фасади сприяють зниженню температури поверхні будівель, що ускладнює їх виявлення за допомогою тепловізійного обладнання. Дослідження показали, що температура поверхні зелених дахів може бути на 1,4-7°C нижчою порівняно з традиційними дахами [7].

Поглинання шуму. Рослинність на фасадах та дахах здатна поглинати та розсіювати звукові хвилі, знижуючи рівень шуму на 10–20 дБ [8].

Зменшення видимості в оптичному спектрі. Зелені конструкції дозволяють будівлям зливатися з навколишнім середовищем, ускладнюючи їх виявлення з повітря та космосу. Прикладом є об'єкти, де зелені дахи використовуються як камуфляж, що робить їх схожими на парки при спостереженні з висоти.

Покращення екологічних показників. Зелені дахи можуть затримувати до 75% опадів, зменшуючи навантаження на дренажні системи та знижуючи ризик підтоплень.

Підвищення енергоефективності. Зелені конструкції сприяють зниженню споживання енергії на кондиціонування та опалення будівель, що також зменшує їх вуглецевий слід.

Для ефективного використання зелених конструкцій як засобу маскування рекомендується:

Порівняння зелених та традиційних засобів маскування

Критерій	Зелені конструкції	Традиційні засоби маскування
Теплова сигнатура	Низька	Висока
Поглинання шуму	Високе	Низьке
Видимість в оптичному спектрі	Знижена	Висока
Енергоефективність	Покращена	Без змін
Екологічний вплив	Позитивний	Нейтральний або негативний
Вартість впровадження	Вища початкова, але економія в довгостроковій перспективі	Нижча початкова, але вища експлуатаційна

- *вибір відповідних рослин*: використовувати місцеві види рослин, які добре адаптовані до кліматичних умов регіону.

- *інтеграція з архітектурою*: проектувати будівлі з урахуванням можливості впровадження зелених дахів та фасадів.

- *регулярне обслуговування*: забезпечити належний догляд за рослинністю для підтримання її ефективності та естетичного вигляду.

- *співпраця з фахівцями*: залучати екологів, ландшафтних дизайнерів та інженерів до процесу планування та реалізації проектів.

Висновки. Впровадження зелених конструкцій як засобу маскування критичної інфраструктури не лише підвищує її безпеку, але й сприяє сталому розвитку та покращенню екологічної ситуації в урбанізованих районах.

Маскування об'єктів критичної інфраструктури в умовах збройного конфлікту має міждисциплінарний характер і потребує залучення експертних знань з інженерії, безпеки, геоінформатики та матеріалознавства. Підвищення ефективності захисту можливе за умови інтеграції маскувальних рішень у загальну архітектуру безпеки об'єктів. Міждисциплінарна наукова задача, що потребує подальших досліджень, полягає у створенні динамічних систем маскування з адаптивним керуванням на основі даних з сенсорних систем моніторингу, з урахуванням спектральних параметрів розвідки противника та особливостей ландшафту.

Ця задача включає:

- створення прототипів багатофункціональних маскувальних покриттів;
- дослідження поведінки таких покриттів у польових умовах (різні кліматичні, сезонні, урбаністичні сценарії);
- побудову цифрових моделей об'єктів і зон ризику на основі супутникових/аерофото-даних;
- розрахунок зниження ймовірності ураження з урахуванням типу загрози;

• інтеграцію результатів у систему прийняття рішень для органів цивільного захисту проектних організацій.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Барбашин В. В. Забезпечення сталого функціонування об'єкта господарювання в умовах надзвичайних ситуацій : конспект лекцій / В. В. Барбашин, В. О. Росоха, С. І. Мусієнко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків. : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 82 с.
2. ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови.
3. MIL-STD-882E. Standard Practice for System Safety. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: Headquarters Air Force Materiel Command/SES (System Safety Office), May 11, 2012. <http://acqnotes.com/acqnote/tasks/mil-std-882e-system-safety>
4. USAF Risk Identification - Guidebook, DTD Integration and Ilities RI3 15 Dec 08. <https://www.dau.edu/cop/log/documents/usaf-risk-identification-integration-and-ilities-ri3-guidebook-dtd-15-dec-08>
5. Порадник «Керівництво з управління ризиками, проблемами та можливостями для програм оборонних закупівель» (2022). https://www.mil.gov.ua/content/pdf/vnytr_control/Dod_VP_800.pdf
6. Aleksandar Milić. Camouflaging in modern combat operation conditions. Aleksandar Milić, Srđan Kostic, Jovica Milicevic // Security and crisis management - theory and practice. January 2024. DOI: [10.70995/QMFD7910](https://doi.org/10.70995/QMFD7910).
7. Maurizio Detommaso. The effectiveness of Cool and Green Roofs as Urban Heat Island Mitigation Strategies: A Case Study / Maurizio Detommaso, Antonio Gagliano, Francesco Nocera. // TECNICA ITALIANA-Italian Journal of Engineering Science Vol. 63, No. 2-4, June, 2019, pp. 136-142. DOI: <https://doi.org/10.18280/ti-ijes.632-404>
8. António Tadeu Acoustic absorption, scattering, and diffusion provided by green roof systems. António Tadeu, João Carrilho, Andreia Cortês, Fábio Ferreira, João Almeida // [Building and Environment](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111778). Volume 262, 15 August 2024, 111778. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111778>.

ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

П.С. Старжинський¹, В.Г. Ужик², О.В. Новосельський³

^{1,2,3}*Київський національний університет будівництва і архітектури,
¹pavlostarzhynskyi@gmail.com*

Наразі в Україні питання забезпечення питною водою є надзвичайно актуальним: відсутність чітких стандартів якості води, недосконалість технологій її очищення, постійне погіршення стану водопровідних та каналізаційних мереж. Усі ці чинники слугують додатковим джерелом забруднення води, навіть після її належного очищення перед подачею споживачам.

Недотримання вимог до якості питної води, разом із наявністю забруднень, які не передбачені цими стандартами для контролю, та інші фактори – це ключові причини зростання кількості захворювань, зокрема жовчнокам'яної хвороби, вірусного гепатиту та інших недуг в країні.

Основна стратегічна мета державного управління водними ресурсами – це досягнення та підтримка економічно ефективного та екологічно безпечного рівня використання води. Досягнення діалектичної єдності «економічно ефективного та екологічно безпечного рівня водовикористання» визначається нами як «стале водокористування», що характеризується:

- збалансованістю задоволення потреб економічного розвитку та забезпечення відтворення водних ресурсів;
- збалансованістю реалізації прав нинішнього та майбутніх поколінь на використання економічно ефективним та екологічно безпечним водно-ресурсним потенціалом [1].

Для досягнення поставленої мети в умовах обмежених економічних можливостей, як підприємств водокористувачів, так і держави, при визначенні основних напрямів ефективного розвитку водного господарства необхідно виходити з принципу ергономізації прийнятих рішень (мінімізації витрат у водокористуванні та вибору екологічно ефективних рішень, що мають одночасно позитивний економічний ефект). Коло реалізації супутніх водоохоронних завдань має обмежуватися найбільш невідкладними та суспільно значущими, а також реалізованими державою в рамках національних та регіональних програм з охорони та відновлення водних ресурсів і водокористувачами за рахунок власного прибутку в рамках здійснення господарської діяльності відповідно до чинного законодавства [1].

Проведений аналіз дозволив виділити основні недоліки чинної системи управління водними ресурсами та водокористуванням в регіоні, що базується на економічному механізмі:

- відсутність взаємозв'язку між ресурсними блоками, коли оцінка вартості водних ресурсів, нормативів плати визначається на основі абсолютно різних принципових підходів;
- відсутність механізмів адаптації системи управління водними ресурсами до ринкових відносин, що зумовлює занижену нормативну вартість водних ресурсів, що в свою чергу не дозволяє повною мірою впроваджувати економічні інструменти у водокористування;
- відсутність механізмів визначення пріоритетності вирішуваних завдань у водокористуванні, охороні та відновленні водних ресурсів, комплексного підходу до їх вирішення;
- гостра необхідність невідкладної «екологізації» податкової системи;
- позаекономічний характер механізму нормування у водокористуванні та розподілу лімітів на використання водних ресурсів.

Головна причина всіх цих недоліків у відсутності науково обґрунтованої концепції регіонального розвитку з урахуванням екологічного (в тому числі й водного) фактора [2].

Розглянуті вище проблеми вказують на необхідність створення єдиного механізму управління водокористуванням в регіоні. Основними характеристиками даного механізму, на наш погляд, мають стати:

- цілеспрямованість на раціональне використання водних ресурсів, їх відновлення та охорону;
- системність та комплексність у використанні водних ресурсів;
- забезпеченість економіки та населення регіону водними ресурсами;
- узгодженість ресурсних блоків економічного механізму між собою та за ієрархічними рівнями (національний, регіональний, муніципальний);
- своєчасність управлінських рішень у водокористуванні за рахунок ефективного зворотного зв'язку.

Повне розв'язання проблем у сфері водокористування, охорони та відновлення водних ресурсів на даний час не видається здійсненним, але слід визначити низку напрямів, що дадуть змогу значно пом'якшити наявні протиріччя. Основні напрями раціонального водокористування представлені нами на рисунку 1.



Рис.1. Напрямки раціонального водокористування

Важливим принципом удосконалення державного управління водними ресурсами на сучасному етапі має стати принцип децентралізації прямих управлінських впливів, перенесення їх на регіональний рівень та розгляд у якості об'єкта управління – водозбірного басейну як основної територіальної одиниці державного управління водними ресурсами. Планування водогосподарської діяльності повинно здійснюватися для басейну в цілому з врахуванням наслідків усієї сукупності заходів, що проводяться на ньому. При цьому предметом федерального державного управління мають бути якісні та кількісні характеристики стану водних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Надточій П.П., Мислива Т.М., Морозов В.В. та ін. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель: Навч. посібник / За заг. ред. П.П. Надточія, Т.М. Мисливої / Житомир: Видавництво „Державний агроекологічний університет”, 2007. 420 с.

2. Панас Р.М. Раціональне використання та охорона земель: навчальний посібник для студентів вузів / Львів: Новий Світ-2000, 2008. 350 с.

ЕКО-ІННОВАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТУ: ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЦИФРОВИЙ МОНІТОРИНГ І ВІДНОВЛЮВАНІ РЕСУРСИ

Микола Клименко¹, Михайло Губчик¹, Василь Марач¹

*¹Київський національний університет будівництва і архітектури,
klymenko.mo@knuba.edu.ua*

Бетон - другий за споживанням матеріал у світі після води: з початку промислової революції вироблено понад 900 мільярдів тон. Він є основою доріг, будівель та інфраструктури, що критично важливі для економічного розвитку. Водночас цементна промисловість - один з найбільших джерел викидів парникових газів (ПГ), відповідальних за зміну клімату. Наразі у світі щорічно виробляється близько 4 мільярди тон цементу, що генерує близько 7% глобальних ПГ-викидів. Попри впровадження нових технологій, загальний рівень викидів зростає, адже відкриваються нові заводи. З 2010 року виробництво цементу зросло на 25%, а викиди цементної промисловості залишаються високими: на процесні викиди припадає до 60% від загального обсягу.

Щоб досягти нульових викидів до 2050 року, галузь має здійснити глибоку трансформацію: використовувати більш екологічні заміники клінкеру, замінити викопне паливо низьковуглецевими альтернативами, підвищити енергоефективність, впровадити ВДЕ, оптимізувати роботу печей і процеси виробництва, а також вловлювати невідворотні викиди CO₂. Це потребуватиме співпраці на глобальному рівні, змін у політиці, поведінці споживачів та фінансової підтримки. Декарбонізація цементної промисловості вимагатиме трансформацій по всьому ланцюгу постачання, а також безпрецедентної міжгалузевої та міжнародної співпраці, у тому числі між розвиненими та країнами, що розвиваються.

Відповідно до нового звіту The European Cement Association [1], світовий ринок цементу досягнув у 2023 році 4 мільярди тон і, як очікується, може досягти майже 6 мільярдів тон до 2030 року. Світове споживання цементу демонструвало постійне зростання протягом 2011-2015 років. Такий стан досягався попитом серед країн так званого глобального півдня та країн з перехідною економікою в Азії, таких як Індія, В'єтнам, Єгипет, Індонезія та ін. Ці прибутки були частково компенсовані помірним зниженням споживання

серед розвинених економік, таких як США, Європа, Канада та Китай, на який припадає понад 50% світового споживання. Індія на сьогодні споживає понад 10% світового виробництва цементу. У поєднанні ринки Китаю та Індії домінують у світових тенденціях споживання цементу. Китай та Індія, незважаючи на те, що є найбільшими світовими виробниками цементу, практично не експортували надлишок своєї продукції, оскільки практично повністю споживали її всередині країни. З переліку найбільших виробників цементу в світі мало не єдиними експортерами залишаються Турція, В'єтнам та Японія.

На рис. 1 і 2 наведено діаграми відсоткового розподілу та характеристику зміни кількості виробленого в світі в 2023 р. цементу (складено за даними [1, 2]).

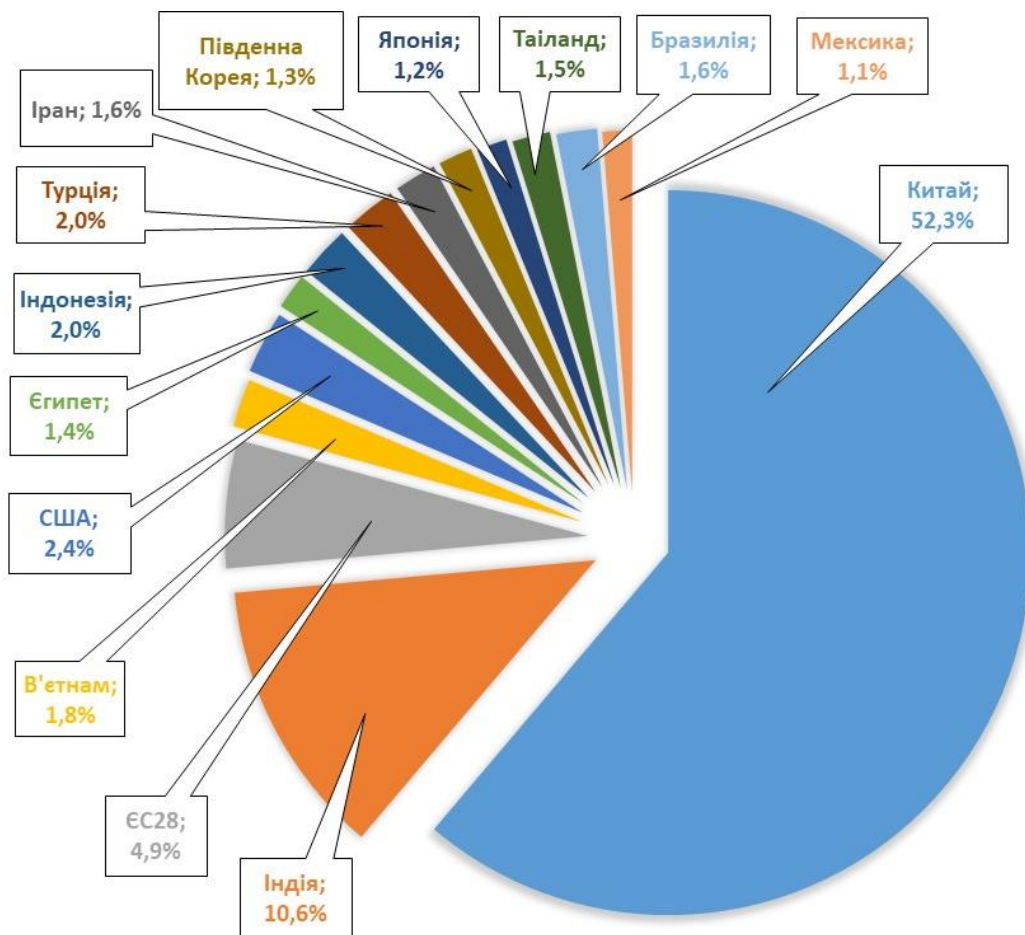


Рис.1. Виробництво цементу в світі у 2023 р.

Загалом об'єм експорту цементу впав в середньому на 6,6% для всіх країн-експортерів з 2015 року, коли поставки цементу оцінювались у 11 мільярдів доларів. З 2019 по 2023 рік експорт цементу знизився на 11,5%.

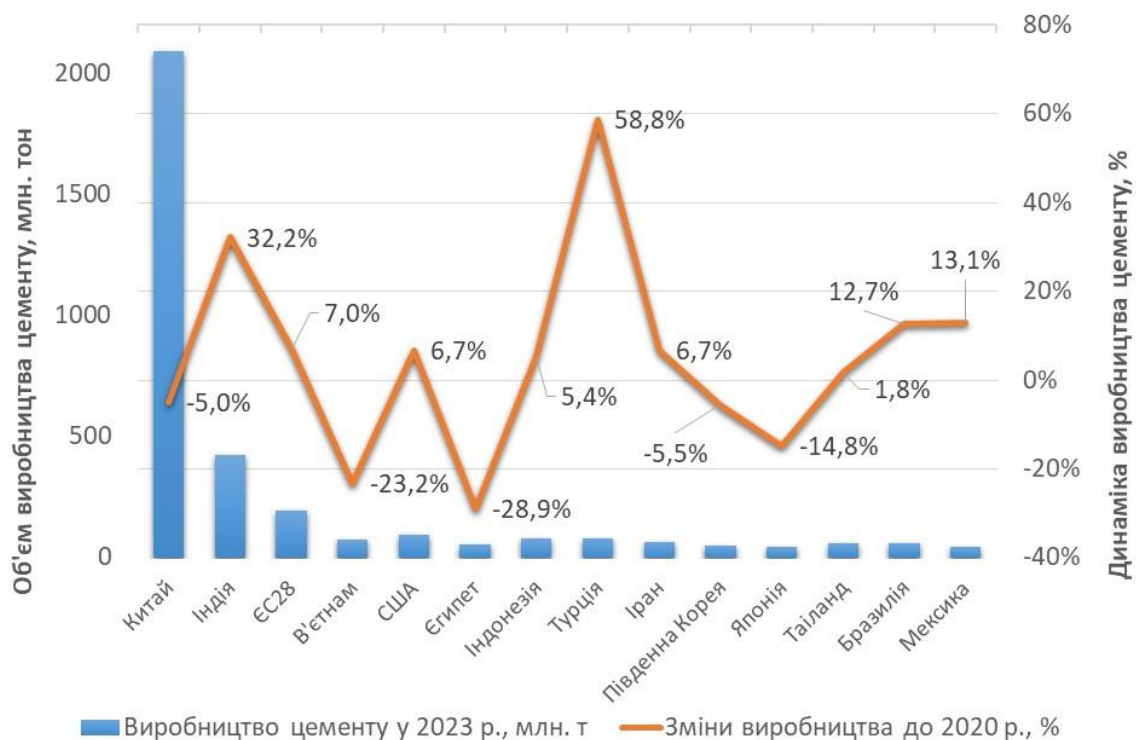


Рис.2. Характеристика зміни виробництва цементу в світі за 2023 р.

Для України цементна промисловість - стратегічна галузь виробництва базового матеріалу для будівництва об'єктів промислової і транспортної інфраструктури країни, а також комерційного та житлового будівництва.

Частка України у світовому виробництві цементу становить тільки 0,2%. Динаміка розвитку цементної галузі в довоєнний час показувала поступове зростання потужностей, яке досягло 11 млн. тон у 2021 р. Проте з початком війни виробництво цементу суттєво впало, як через зменшення вполовину попиту, так і через втрату самих виробничих потужностей. З 9 заводів на неокупованій території залишилося лише 8, з яких ще 3 були зупинені через пошкодження або близькість до лінії фронту. (рис.3).

Загальною негативною рисою усіх українських підприємств цементної галузі є застаріле обладнання, яке має значний рівень фізичного і морального зносу, за практично повної відсутності їх оновлення чи реновації. Підприємства України все ще виробляють більшість цементу мокрим способом. Це пов'язано зі специфікою того, що місцевий вапняк має дуже високий вміст вологи. Поряд з переважним (понад 75%) використанням на українських підприємствах застарілої технології мокрого помелу та старих млинів, з 2008 р. спостерігається постійне зменшення використання виробничого потенціалу підприємств. Так за наявної максимальної загальної продуктивності усіх українських заводів на рівні 20-22 млн. тон реальне їх використання в довоєнний час не перевищувало 50-53%.



Рис.3. Виробництво цементу в Україні протягом останніх 12 років.

Наслідком використання технології мокрого помелу є висока енергоємність як на етапі виробництва клінкеру (до 8000 МДж/тону клінкеру), так і остаточного помелу цементу (до 150 кВт·год/тону цементу при сучасних світових показниках 92-102 кВт·год/тону).

В якості світових тенденцій треба відзначити нові технології для покращення екологічності виробництва цементу. Зокрема, перспективною є технологія уловлювання, використання та зберігання вуглецю (CCUS), хоча її комерційна життєздатність ще обмежена. Великі виробники, як-от Heidelberg Materials (Німеччина), впроваджують пілотні CCUS-проекти. Наприклад, проект Brevik CCS у Норвегії дозволить випускати перший у світі "вуглецево-нейтральний цемент" під назвою evoZero. Компанія Holcim (Швейцарія) планує до 2029 року зробити свій завод у Лагердорфі кліматично нейтральним, щорічно уловлюючи понад 1,2 млн тон CO₂ для перетворення його на е-метанол. Інші технології також наближаються до комерційної реалізації: електричні печі, нові процеси отримання вапна з силікатних порід замість вапняку.

Дослідники зазначають, що основна частина викидів цементної галузі - 60–65% - виникає внаслідок хімічних реакцій під час виробництва клінкеру, ще 30–35% - через спалювання палива, решта - через споживання електроенергії. Виробництво клінкеру потребує температури близько 2000 °С, і викопне паливо досі залишається найдешевшим джерелом енергії.

Міжнародне енергетичне агентство (ІЕА) вказує, що для скорочення викидів галузь має вжити низку кроків, серед яких підвищення енергоефективності, перехід на низьковуглецеві палива, використання альтернативних матеріалів для заміни клінкеру, розвиток майже безвуглецевих виробничих технологій.

Важливим чинником вважається збільшення частки альтернативних видів палива, таких як біомаса, ТПВ, промислові відходи. Для цього необхідні інвестиції в обладнання та його інтеграцію в технологічний цикл. Також перспективним є використання зеленого водню. Інший напрям покращення енергоефективності - використання систем рекуперації тепла, які можуть забезпечити до 30% потреб заводу, вертикальних валкових млинів, високоефективних охолоджувачів тощо. Позитивний результат дає використання сонячної, вітрової енергії, накопичувачів, або купівля чистої електроенергії за довгостроковими договорами.

Окремим напрямом слід вважати цифрові технології та штучний інтелект (AI), які можуть оптимізувати роботу печей, млинів, шліфувальних машин, прогнозувати обслуговування та зменшувати втрати сировини.

ЛІТЕРАТУРА

1. 2019 ACTIVITY REPORT // CEMBUREAU The European Cement Association. – May 2020. – 39p.
2. Strengthening Sustainability in the Cement Industry. // IFC World Bank Group. Revised 2025. – 12 p.
3. United States (US) DOE, 2009. “An Assessment of the Commercial Availability of Carbon Dioxide Capture and Storage Technologies as of June 2009,” Washington, D.C. US DOE, Office of Scientific and Technical Information. June 2009.