

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИТЦВА ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ
КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА, ГЕОТЕХНІКИ І ГЕОМЕХАНІКИ**



«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

МАТЕРІАЛИ

**19-ОЇ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ**

30 квітня 2026 року

Дніпро 2026

УДК 69:622.012.002.2:622.268.13

П27

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Голова ГАПЄЄВ Сергій Миколайович, д.т.н., завідувач кафедри БГТГМ

Члени

оргокомітету: ХОЗЯЙКІНА Наталія Володимирівна, к.т.н., доцент кафедри БГТГМ

ОЛШЕВСЬКА Софія Олегівна, PhD, доцент кафедри БГТГМ

П27 Перспективи розвитку будівельних технологій [Текст]: матеріали 19-ої всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, 30 квітня 2026 р. / редкол.: С.М. Гапєєв [та ін.] – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2026. – 52 с.

Подано результати наукових досліджень молодих учених, аспірантів і студентів у різних напрямках розвитку будівельних технологій, що були розглянуті на засіданні секції всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи розвитку будівельних технологій».

Матеріали збірника призначено для наукових працівників, аспірантів та студентів вищих навчальних закладів України.

УДК 69:622.012.002.2:622.268.13

© НТУ
«Дніпровська політехніка», 2026

ЗМІСТ

<i>Л. В. Куроп, О. М. Тимченко, О. В. Скобенко, С. М. Гапеев</i> СТАЛЕВЕ КРІПЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	4
<i>Д. Д. Зайва, Н. В. Хозяйкіна</i> ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ БАГАТОРІВНЕВИХ ПАРКІНГІВ	9
<i>М. А.Топал, Я. Д. Христич, О. В. Скобенко, В. Г.Шаповал</i> РОЗМІРИ РОЗРАХУНКОВОЇ ОБЛАСТІ ОСНОВИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМИ «ОСНОВА- ПІДЗЕМНА ТА НАДЗЕМНА СПОРУДИ»	14
<i>М. С.Чупров, К. В. Кравченко</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БУДИНКІВ В СКЛЯНІЙ ОБОЛОНЦІ	17
<i>К. С. Шостак, Н. В. Хозяйкіна</i> АРХІТЕКТУРА МАЛОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ПОНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ ЯК НАПРЯМ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	22
<i>В. Г. Василенко, І. І. Тяжкороб</i> СИНЕРГІЯ НАУКИ ТА БІЗНЕСУ: ЯК ІННОВАЦІЇ ЗМІНЮЮТЬ БУДІВЕЛЬНИЙ РИНОК	27
<i>В. С. Гук, І. І. Тяжкороб</i> КОГЕНЕРАЦІЯ: ШЛЯХ ДО ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ	31
<i>С. О. Ємельяненко, І. Ю. Воробйова, І. І. Тяжкороб</i> ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БУДІВНИЦТВІ	36
<i>Р. С. Малий, М. О. Єлісеєва</i> ПОТЕНЦІАЛ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ БУДІВЕЛЬ У БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ	39
<i>С. І. Москаленко, І. В. Чушкіна</i> ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВА ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ	44

O. M. Tymchenko, S. M. Ganeshev

**ОЦІНКА ВПЛИВУ РОЗТАШУВАННЯ МІЖРАМНИХ СТЯЖОК НА
СТІЙКІСТЬ РАМ МЕТАЛЕВОГО КРІПЛЕННЯ ПРОТЯЖНИХ
ВИРОБОК.....46**

S. O. Olishevskaya, H. P. Ivanova

**SMART TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION AND THE FEATURES OF
THEIR CURRENT DEVELOPMENT.....51**

УДК 622.281:624.072

Куроп Л. В., аспірант гр. 131А-24-10

Тимченко О. М., аспірант гр. 131А-23-10

Наукові керівники: Скобенко О. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ, Гапєєв С.

М., д.т.н., професор кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

СТАЛЕВЕ КРІПЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВИРОБОК КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Мета досліджень - визначення впливу форми сталевого аркового кріплення на його несучу здатність та обґрунтування раціональної геометрії арки.

У роботі досліджено вплив геометрії сталевого аркового кріплення підземних виробок на його напружено-деформований стан та несучу здатність. Виконано порівняльний аналіз циркульної, параболічної, еліптичної форм, а також кріплень типу КШПУ і КМП-АЗРЗ за однакових габаритних і навантажувальних умов. Визначено згинальні моменти, поздовжні та поперечні сили у зонах розташування вузлів піддатливості. Показано, що визначальним фактором ефективності є рівень згинальних моментів, тоді як вплив поздовжніх сил є другорядним. Обґрунтовано доцільність використання кріплення типу КМП-АЗРЗ як раціонального компромісу між геометричною ефективністю та технологічною реалізованістю.

Забезпечення експлуатаційної стійкості протяжних капітальних підземних виробок вугільних шахт залишається однією з найскладніших проблем гірничої геомеханіки, особливо в умовах великих глибин, підвищеного гірського тиску, асиметричного навантаження та тривалого терміну служби виробок. За цих умов сталева аркова рама перестає бути лише пасивним огорожувальним елементом і перетворюється на активну складову системи «кріплення–масив», від геометрії, податливості та роботи вузлів якої залежить збереження перерізу виробки і безпечність її експлуатації. Саме тому питання вибору форми сталевого аркового кріплення сьогодні слід розглядати не як другорядне конструктивне уточнення, а як один із ключових резервів підвищення несучої здатності всієї системи.

Актуальність цієї проблеми підтверджується як українськими, так і закордонними дослідженнями. У роботі В. Я. Кириченка [1] показано, що зі зростанням глибини розробки збільшується не лише площа поперечного перерізу виробок, а й металоємність їх кріплення, тоді як типові арочні рами вже не забезпечують необхідної експлуатаційної стійкості. Особливо важливими є наведені автором результати натурних обстежень: на шахтах

Донбасу типові рамні абочні кріплення виявилися деформованими або зруйнованими на 30–50 % обстежених виробок, а щорічна середня протяжність ремонтваних виробок досягала 43–57 %, при цьому 12–25 % виробок доводилося повністю перекріплювати [1]. Це фактично означає, що проблема втрати працездатності абочних рам має не локальний, а системний характер.

У статті В. Я. Кириченка та Б. М. Усаченка [2] проблема розглядається вже з позицій геомеханічної відповідності форми кріплення реальним умовам великих глибин. Автори підкреслюють, що понад 90 % протяжності підземних виробок вугільних шахт підтримується металевими рамами зі спецпрофілю СВП, однак однотипність традиційних конструкцій не дозволяє своєчасно включати кріплення в активну роботу, формувати ефект самозапирання та ефективно сприймати асиметричні навантаження [2]. Ця публікація особливо важлива для нашої теми, оскільки прямо виводить проблему на рівень вибору геометрії арки і обґрунтовує перехід до овоїдних та циркульно-лінійних форм як до геоєфективніших конструкцій.

Окремий напрям становлять дослідження роботи вузлів замкових з'єднань. У роботі про з'єднання аркових секцій у глибоких виробках показано, що саме вузли з'єднання суттєво впливають на розподіл внутрішніх сил, а характер їх руйнування визначається співвідношенням моментів, переміщень і місцевої жорсткості [3].

Традиційно задача підвищення стійкості протяжних виробок довгострокового призначення вирішується шляхом підвищення міцності матеріалу або збільшення перерізу прокатного профілю. Однак такий підхід не завжди є економічно доцільним. Альтернативним напрямком є оптимізація геометрії арки, яка безпосередньо впливає на розподіл внутрішніх сил і, відповідно, на несучу здатність кріплення. Саме з цих позицій у даній роботі розглядається вплив форми сталевого аркового кріплення на його несучу здатність. У центрі уваги перебуває порівняння циркульної, параболічної, еліптичної форм, а також кріплення типу КШПУ та КМП-А3Р3. Така постановка дозволяє перейти від загальних міркувань про «кращу форму» до конкретної оцінки того, як зміна геометрії впливає на внутрішні площі перерізу, кути нахилу дотичних у зонах замків, згинальні моменти та нормальні сили. При цьому поряд із силовими перевагами обов'язково має враховуватися технологічна здійсненність виготовлення елементів рами, оскільки саме цей критерій відділяє математично привабливу схему від реально впроваджуваної конструкції [1, 2].

Для досягнення мети досліджень поставлено такі задачі:

- ✓ виконати порівняльний аналіз різних форм арок;
- ✓ визначити внутрішні силові фактори (M , N , Q) у характерних точках;
- ✓ оцінити вплив форми на роботу вузлів піддатливості;
- ✓ врахувати технологічні обмеження виготовлення кріплення.

Розрахунок виконано для двохарнірних арок при рівномірно розподіленому вертикальному навантаженні: $q = 1$ т/м. Розглянуто арки з однаковими геометричними параметрами:

ширина арки між опорами – $L = 5$ м, висота арки – $f = 4$ м. (рис.1).

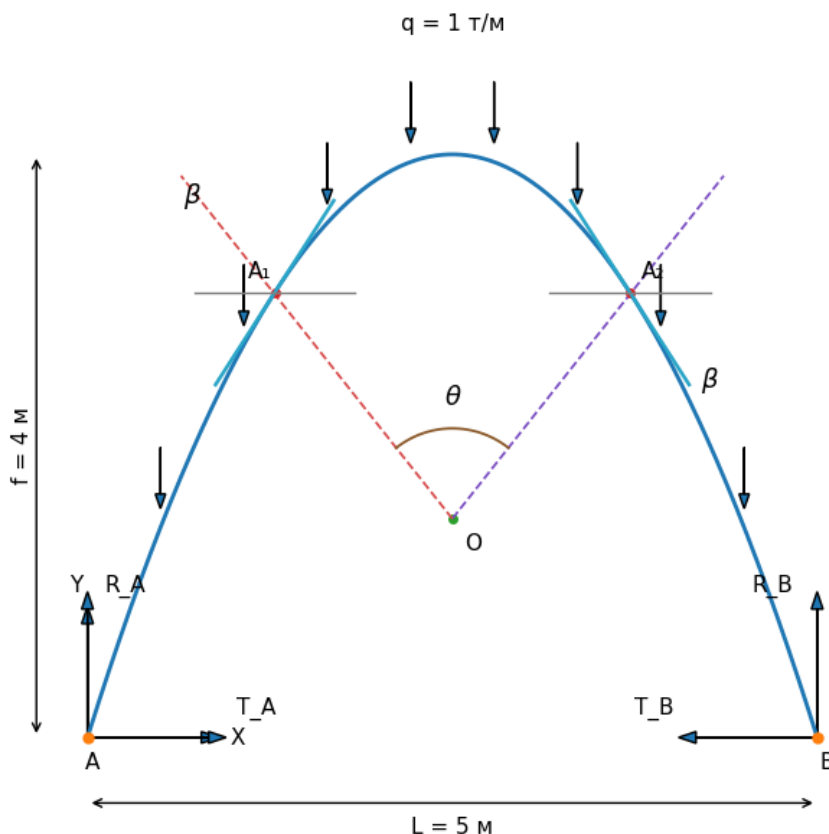


Рис. 1 – Умовна розрахункова схема арки з рівномірно розподіленим вертикальним навантаженням, центральним кутом θ та дотичною у точці розташування замка, що утворює кут β з горизонтальною віссю Ox

Порівнювалися такі форми: циркульна; параболічна; еліптична; КШПУ; КМП-АЗРЗ.

Місця розташування замків підатливості визначалися як точки перетину контуру арки з променями, проведеними з умовного центру. У цих точках визначалися: згинальний момент M ; поздовжня сила N ; поперечна сила Q ; кут нахилу дотичної β .

Аналітичні залежності, за якими велись розрахунки, наступні:

– згинальний момент: $M(x) = M_0(x) - N y(x)$

де M_0 - балковий момент і розраховується за виразом $M_0(x) = q \times 0,5(L - x)^2$;

- горизонтальний розпір: $H = \frac{\int_0^L y^2(x)dx}{\int_0^L M_0(x)y(x)dx}$;
- поперечна сила: $Q(x) = dM(x)dx$;
- поздовжня сила: $N(x) = H\cos\alpha + Q\sin\alpha$.

Результати розрахунків, що наведені у табл.1, показали суттєву залежність внутрішніх силових факторів від форми арки.

Таблиця 1

Результати розрахунків внутрішніх силових факторів у зонах замків піддатливості

Форма арки	Центральний кут	Кут дотичної α , град	М, т·м	Н, т	Qx, т
Циркульна	96°38'	-48.3	-0.604	1.812	+0.915
Параболічна	76°38'	-57.4	0.000	1.450	0.000
Еліптична	76°38'	-47.8	-0.154	1.514	+0.565
КШПУ	76°48'	-52.0	+0.042	1.476	+0.310
КМП-АЗРЗ	76°38'	-42.7	-0.101	1.499	+ 0.445

Циркульна арка характеризується найбільшими згинальними моментами та поперечними силами, що обумовлює підвищене навантаження на вузли піддатливості.

Параболічна форма забезпечує безмоментний стан при заданому навантаженні: $M \approx 0$, $Q \approx 0$, що є теоретично оптимальним випадком, але при цьому не забезпечується достатня площа поперечного перерізу.

Еліптична арка, а також кріплення типу КШПУ і КМП-АЗРЗ, демонстрували суттєве зниження як згинальних моментів, так і поперечних сил порівняно з циркульною формою.

Замкові з'єднання є ключовим елементом піддатливого кріплення, який визначає характер його роботи. Наявність замків призводить до зниження жорсткості системи та впливає на її несучу здатність. У науковій літературі [3] використовуються різні підходи до врахування цього ефекту:

- ✓ введення понижувальних коефіцієнтів жорсткості;
- ✓ моделювання замків як пружних або пластичних шарнірів;
- ✓ використання нелінійних характеристик «зусилля – переміщення»;
- ✓ чисельне моделювання контактної взаємодії.

Разом з тим встановлено, що ефективність роботи замкових з'єднань значною мірою визначається рівнем згинальних моментів і поперечних сил у зоні їх розташування, тобто геометрією арки та рівнем і формою прикладення зовнішнього навантаження.

Важливим фактором вибору форми арки є можливість її виготовлення. Параболічні та складні криволінійні форми є технологічно складними у

реалізації. Конструкції типу КМП-АЗРЗ, які базуються на використанні декількох радіусів кривизни, дозволяють наблизити форму арки до оптимальної при збереженні технологічності виготовлення.

Висновки

Результати дослідження можуть бути використані при проектуванні кріплення протяжних підземних виробок критичної інфраструктури в складних гірничо-геологічних умовах.

1. Геометрія арки є визначальним фактором її несучої здатності.
2. Циркульна форма є найменш ефективною з точки зору величини згинальних моментів.
3. Параболічна арка є теоретично оптимальною, але перепоною на шляху її використання є недостатня площа поперечного перерізу.
4. Еліптична форма та кріплення КШПУ і КМП-АЗРЗ забезпечують зниження згинальних моментів.
5. Робота замкових з'єднань тісно пов'язана з рівнем внутрішніх сил і геометрією арки.
6. КМП-АЗРЗ є раціональним компромісом між ефективністю і технологічністю.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Kirichenko V. Ya. Resource saving supports for deep mine workings. – Dnipro : National Mining University, 2008. – 256 p.
2. Kirichenko V. Ya., Usachenko B. M. Shaft roadway steel supports for deep levels under complex geomechanical conditions // Geotechnical Mechanics. – 2009. – No. 81. – P. 45–52.
3. Kirichenko V. Ya., Shishov M. V. Creation of effective connective elements for yielding supports in mine tunnels // Geotechnical Mechanics. – 2013. – No. 112. – P. 173–182. – URL: <https://www.geotm.dp.ua/index.php/en/collection/144-geotechnical-mechanics-2013/geo-technical-mechanics-2013-112/2132-creation-of-effective-connective-elements-for-yielding-supports-in-the-mine-tunnels>

УДК 624.012

Зайва Д. Д., студент гр. 192-22-2

Науковий керівник: Хозяйкіна Н. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ БАГАТОРІВНЕВИХ ПАРКІНГІВ

Сучасний розвиток міст України супроводжується зростанням рівня автомобілізації населення, що призводить до дефіциту організованих місць для зберігання транспортних засобів. Особливо актуальною ця проблема є для міст середнього розміру, де щільна забудова обмежує можливості розширення наземних стоянок. У таких умовах найбільш ефективним рішенням є будівництво наземних багаторівневих паркінгів, які дають змогу збільшити кількість паркомісць без суттєвого розширення меж забудови.

Серед поширених типів багаторівневих паркінгів розрізняють наземні, підземні, автоматичні та механізовані системи. Підземні паркінги мають переваги з точки зору міського середовища, однак потребують складних і дорогих робіт нульового циклу, можуть впливати на сусідню забудову та існуючі інженерні мережі. Автоматичні системи здатні підвищувати місткість, проте складніші в експлуатації та не завжди зручні для об'єктів, де потрібен швидкий доступ до автомобіля. Тому саме наземні багаторівневі паркінги в умовах щільної міської забудови найчастіше розглядаються як раціональний компроміс між вартістю, швидкістю реалізації та функціональністю.

Відповідно до вимог ДБН В.2.3-15:2007 [1] мінімальні габарити паркомісця становлять 2,5×5,0 м, однак при проєктуванні доцільно орієнтуватися не лише на мінімально допустимі нормативні параметри, а й на фактичні розміри сучасних автомобілів. Наприклад, довжина автомобілів Mercedes-Benz S-класу та BMW 7-серії перевищує 5,0 м, а ширина великих позашляховиків наближається до 2,0 м. Це безпосередньо впливає на вибір кроку колон, ширину проїздів, розміри прольотів і зручність маневрування.

Вибір конструктивної схеми паркінгу має враховувати не лише геометрію паркомісць, а й навантаження на перекриття. За Єврокодом 1 [2] для парковочних зон, у яких загальна маса транспортного засобу не перевищує 30 кН, характеристичне значення рівномірно розподіленого корисного навантаження становить 2,5 кПа, а локального навантаження для місцевих перевірок - 7 кН. Отже, при обґрунтуванні конструктивного рішення необхідно одночасно забезпечити місткість, просторову жорсткість, нормативну надійність і економічність споруди.

Одним із основних критеріїв ефективності є забезпечення максимальної кількості паркомісць при мінімальних витратах. У цьому контексті доцільно порівнювати два базові конструктивні підходи: залізобетонний і сталевий каркас. Залізобетонні конструкції є традиційним рішенням, що характеризується високою довговічністю та вогнестійкістю, однак відзначається значною масою, потребою у масивніших фундаментах і меншою гнучкістю планувальних рішень. Сталеві конструкції забезпечують перекриття більших прольотів, менші габарити колон, швидший монтаж і простіше пристосування будівлі до реконструкції або надбудови.

Узагальнені техніко-економічні показники для двох варіантів каркаса наведено в табл. 1 [4]. Наведені дані показують, що навіть за дещо вищої вартості самого сталевих каркаса сукупна економіка об'єкта на момент введення в експлуатацію є вигіднішою завдяки скороченню строків будівництва, меншій масі конструкцій та більшій кількості машиномісць.

Таблиця 1

Порівняння техніко-економічних показників варіантів каркаса

Показник	Залізобетонний каркас	Сталевий каркас
Кількість паркомісць	184	199
Удельна собівартість каркаса паркомісця, у.о.	2050	2490
Удельна собівартість паркомісця, у.о.	3500	3550
Тривалість будівництва, днів	252	140
Вартість паркомісця на момент введення в експлуатацію, у.о.	3702	3550
Чиста приведена вартість NPV за 30 років, у.о.	18 545 109	19 397 592

Як видно з табл. 1, сталевий каркас забезпечує збільшення місткості з 184 до 199 паркомісць, тобто приблизно на 8 %, а строк будівництва зменшується з 252 до 140 днів. Саме скорочення календарної тривалості будівництва створює важливу економічну перевагу, оскільки об'єкт раніше вводиться в експлуатацію і починає генерувати дохід. Крім того, менша маса сталевих конструкцій дає змогу зменшити навантаження на фундаменти і спростити монтаж у щільній міській забудові [4].

За рахунок довгопрольотних рішень у сталевих каркасах можна перекидати прольоти 15-18 м без додаткових внутрішніх опор. Це підвищує

ефективність використання площі, покращує схему руху автомобілів і зменшує кількість конфліктних зон при маневруванні. Менші розміри колон порівняно із залізобетонними пілонами також сприяють збільшенню корисної площі поверху та полегшують організацію транспортних потоків.

Окрему увагу слід приділити композитним конструкціям, які поєднують сталеві балки та монолітні залізобетонні плити по профнастилу. Така система забезпечує спільну роботу матеріалів, підвищує жорсткість перекриття та зменшує матеріаломісткість. Для паркінгів доцільно застосовувати кілька типових схем: систему по профнастилу середньої висоти Н60-Н85 із кроком балок до 3,5 м і повною висотою плити до 150 мм; систему по високому профнастилу до 230 мм із кроком балок до 6 м і висотою плити до 300 мм; а також систему зі збірними пустотними плитами при кроці балок до 7,5 м.

Для забезпечення композитної роботи балок доцільно передбачати анкерні упори по верхньому поясу, що дозволяє зменшити металомісткість і підвищити просторову жорсткість перекриттів. Профнастил у таких системах працює як незнімна опалубка, а для балок прольотом 15-18 м може бути передбачений будівельний підйом, щоб вирішальним критерієм залишалася міцність, а не жорсткість перерізу. Одним із шляхів подальшої оптимізації є використання високоміцних сталей класів С345, S355 або S460.



Рис. 1 – Схема композитного перекриття багаторівневого паркінгу

Раціональною для багаторівневого паркінгу є зв'язева схема зі шарнірним спиранням балок на колони. Порівняно з рамними системами вона дозволяє зменшити перерізи колон і уніфікувати балочні клітки перекриття, що спрощує виготовлення та монтаж. Перспективним напрямом оптимізації є також напівповерхова, або split-level, схема, за якої суміжні прольоти зміщені на

половину поверху. Така компоновка покращує провітрювання, зменшує висоту рамп, підвищує місткість і сприяє ефективнішому використанню об'єму будівлі. Додатковою перевагою сталевих рішень є висока адаптивність до реконструкції та надбудови. За потреби каркас можна відносно швидко підсилити, змінити конфігурацію огорожувальних конструкцій або пристосувати об'єкт до нових експлуатаційних вимог. Це особливо важливо для багаторівневих паркінгів, які нерідко проєктуються як частина багатофункціональних комплексів і впродовж життєвого циклу можуть змінювати режим роботи, транспортну схему чи архітектурне оформлення.

При проєктуванні металевго каркаса необхідно враховувати умови експлуатації, зокрема агресивний вплив середовища в паркінгах. Наявність вихлопних газів та вологи обумовлює потребу в антикорозійному захисті металевих елементів. Для закритих опалюваних паркінгів середовище вважається слабоагресивним, а для відкритих або неопалюваних - середньоагресивним. Відповідно до цього підбираються ступінь очищення поверхні та загальна товщина лакофарбового покриття. Рекомендовані параметри антикорозійного захисту металокопструкцій наведені у табл. 2 [3].

Таблиця 2

Рекомендовані параметри антикорозійного захисту металокопструкцій

Тип паркінгу	Ступінь агресивності середовища	Ступінь очищення поверхні	Товщина покриття, мкм
Закритий опалюваний	Слабоагресивне	3	60
Закритий неопалюваний	Середньоагресивне	2	110
Відкритий	Середньоагресивне	2	80

Важливим питанням є забезпечення необхідного рівня вогнестійкості. Для наземних паркінгів вибір об'ємно-планувального і конструктивного рішення безпосередньо впливає на обсяг вогнезахисних заходів. У практиці сталевго будівництва раціональним вважається підбір такої схеми, яка дозволяє мінімізувати обсяг додаткового вогнезахисту несучих елементів без порушення вимог пожежної безпеки. За проєктуванням на основі Єврокодів можливий більш диференційований підхід до оцінки критичних температур сталевих елементів, що додатково підвищує економічну доцільність металевих рішень [5].

Отже, результати порівняльного аналізу свідчать, що для багаторівневих паркінгів у щільній міській забудові найбільш ефективним є застосування

сталевий або комбінований каркас. Таке рішення забезпечує більшу кількість паркомісць, скорочення тривалості будівництва, меншу масу конструкцій, вищу адаптивність до реконструкції та кращі умови організації руху транспорту. Для умов міста Івано-Франківськ доцільно рекомендувати зв'язевий сталевий або сталезалізобетонний каркас із композитними перекриттями, уніфікованими елементами заводського виготовлення та продуманою системою антикорозійного й вогнезахисного захисту. Саме таке поєднання технічних і економічних параметрів найбільш повно відповідає сучасним вимогам до транспортної інфраструктури.

Практичне значення проведеного аналізу полягає у можливості сформулювати для проєктувальника чіткий алгоритм вибору конструктивної системи багаторівневого паркінгу. На першому етапі доцільно визначити вимоги до місткості, схеми руху та перспективи подальшої реконструкції об'єкта; на другому - порівнювати варіанти каркаса за масою, прольотами, швидкістю монтажу і витратами на захист конструкцій; на третьому - уточнювати тип перекриття, антикорозійний захист та вогнестійкість залежно від режиму експлуатації паркінгу. Такий підхід дозволяє перейти від формального вибору матеріалу до комплексного обґрунтування конструктивних рішень за технічними й економічними критеріями.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В.2.3-15:2007. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007
2. СТУ-Н Б EN 1991-1-1:2007. Єврокод 1: Дії на конструкції. Частина 1-1. Загальні дії. Питомі ваги, власна вага, корисні навантаження для будівель. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007
3. ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проєктування. – К. : Мінрегіон України, 2013
4. Ефективні сталеві рішення для будівництва паркінга в мегаполісі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uscc.ua/effektivnye-stalnye-resheniya-dlya-stroitelstva-parkinga-v-megapolise>
5. Проєктування багаторівневих паркінгів з урахуванням вимог щодо вогнестійкості та експлуатаційної надійності конструкцій.

УДК 624.15:624.04

Топал М. А., аспірант гр. ПМХа-25-10

Христич Я. Д., студент гр. 192-24-1

Скобенко О. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ

Шаповал В. Г., д.т.н., професор кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

РОЗМІРИ РОЗРАХУНКОВОЇ ОБЛАСТІ ОСНОВИ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СИСТЕМИ «ОСНОВА-ПІДЗЕМНА ТА НАДЗЕМНА СПОРУДИ»

У технічній літературі практично відсутні рекомендації щодо визначення розмірів розрахункової області основи при розрахунку з використанням техніки кінцевих елементів напружено – деформованого стану (надалі НДС) систем «основа-підземні та надземні споруди» (надалі ОПНЗ) [1, 2, 3].

В якості критерію, що визначає розмір розрахункової області у вертикальному напрямку, нами запропоновано приймати нижню границю стисненої товщини (надалі НГСТ), розраховану відповідно до рекомендацій [4, 5].

При цьому для визначення розмірів розрахункової області в плані нами запропоновано новий алгоритм, суть якого полягає в подвоєнні довжини і ширини розрахункової області основи доти, поки розбіжності між середніми значеннями зусиль в надземних і підземних конструкціях не перевищать 5%.

Для визначення розбіжності слід використовувати таку формулу:

$$\varepsilon_j = 100 \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\chi_j - \chi_{j+1})^2} / \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\chi_{j+1})^2} \% , \quad (1)$$

де χ_j - зусилля в деякому перерізі (або точці) надземної або підземної конструкції (згинальні моменти, осьові і перерізуючі сили, напруження в плоских і просторових елементах і т.д.), розраховані в j -тому наближенні при розмірах розрахункової області основи в плані, що дорівнюють L_j (довжина розрахункової довжини розрахункової області, прийнята в j -тому наближенні) та b_j (ширина розрахункової області, прийнята в j -тому наближенні);

χ_{j+1} - те саме, розраховане в $j+1$ -му наближенні при розмірах розрахункової області основи у плані, рівних $L_{j+1} = 2 \cdot L_j$ (довжина розрахункової області, прийнята в $j+1$ -му наближенні) і $b_{j+1} = 2 \cdot b_j$ (ширина розрахункової області,

прийнята в $j+1$ -му наближенні); n – число перерізів, у яких визначалися зусилля.

Тут під параметром « χ » маються на увазі або осьові і перерізуючі сили, або згинальні моменти, або зусилля в плоских або просторових елементах.

Для ілюстрації запропонованого нами алгоритму нами біло досліджено напружено – деформований стан три прогонової 9 – поверхової залізобетонної рами, в основі якої знаходиться підземний тунель квадратного перерізу з розмірами 6×6 метрів із залізобетонним оздобленням завтовшки 200 мм.

Чисельний експеримент був виконаний при використанні таких вихідних даних.

1. Тунель, будинок і основу, з якою вони взаємодіють, перебувають у плоскому напружено – деформованому стані [6]. Така розрахункова схема має місце в центрі довгої будівлі з поздовжніми несучими стінами, паралельно до якої у основі на деякій глибині розташовано підземний тунель.

У цьому випадку для визначення зусиль і переміщень основи, елементів надземної та підземної конструкції достатньо вирізати з конструкцій і основи в їх центрі ділянку довжиною 1 метр і надалі розглядати плоску задачу.

2. Висота кожного з поверхів будівлі дорівнює 4 метри, проліт 6 метрів, несучі стіни спираються на стрічкові фундаменти шириною 2 метри товщиною 300 мм.

3. Товщина несучих з/б стін і перекриттів надземної конструкції дорівнює 300 мм.

4. Товщина з/б оздоблення підземної конструкції дорівнює 200 мм.

5. Відстань від підземного тунеля до лівої стіни надземної будівлі дорівнює 6,0 метрів у світлі, а глибина залягання покрівлі підземного тунелю дорівнює 7 метрів від денної поверхні.

6. Залізобетонні конструкції мають модуль пружності, що дорівнює 2000000 тон/кв.м., коефіцієнт Пуассона, рівний 0,2 і питома вага, що дорівнює 2,5 тон/куб.м.

7. Властивості ґрунту: модуль деформації дорівнює 2000 тон/кв.м., коефіцієнт Пуассона дорівнює 0,3, а питома вага дорівнює 1,8 тон/кв.м.

8. Товщина ґрунтового шару у всіх наближеннях дорівнювала 21 м, а ширина розрахункової області в першому наближенні дорівнювала 40 м. При цьому нижче товщі роздробленого ґрунту знаходиться шар скельного ґрунту необмеженої товщини.

9. У другому, третьому і четвертому наближеннях ширина розрахункової області дорівнювала відповідно 80, 160 і 320 метрів.

Аналіз результатів виконаних нами розрахунків дозволив зробити такі висновки:

1. Розбіжності між середніми значеннями зусиль у надземній конструкції у всіх наближеннях не перевищує 5%. Тому при визначенні зусиль у надфундаментній конструкції було достатньо виконати всього 2 наближення.

2. Розбіжності між середніми значеннями зусиль у підземній конструкції знизилися з 14% при порівнянні першого і другого наближення до 4,5% при порівнянні 3 і 4 наближень.

3. При цьому різниця між зусиллями в підземній конструкції, розрахованими в 1 і 4 наближеннях для осьових сил, згинальних моментів і перерізуючих сил відрізняються відповідно на 24%, 20% і 19%.

У цілому, було зроблено висновок про те, що запропонований нами алгоритм визначення розмірів розрахункової області основи може знайти широке застосування під час виконання розрахунків систем «основа – надземні і підземні споруди» з використанням техніки кінцевих елементів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Bull J. W. (Ed.). Soil structure interaction: Numerical analysis and modelling. – London : E & FN Spon, 1994. – 713 p.
2. Solodei I., Petrenko E., Zatyliuk H. Особливості створення розрахункових моделей при дослідженні напружено-деформованого стану підземних споруд // Strength of Materials and Theory of Structures. – 2019. – No. 102. – P. 139–149.
3. Табачніков С. В. Апробація моделі ґрунтової основи зі «ступінчастою» стисливою товщею для розрахунку різноповерхових будівель у системі «основа – фундаменти – споруди». // Науковий вісник будівництва. – 2024. – No. 111. – С. 122–134.
4. ДБН В.2.3-27:2023. Тунелі. Норми проектування. – Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. – 52 с.
5. ДБН В.2.3-7:2018. Тунелі. Норми проектування. – Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2018. – 70 с.
6. Nowacki W. Teoria sprężystości. – Warszawa : PWN (Państwowe Wydawnictwo Naukowe), 1970. – 872 p.

УДК 624.014.2

Чупров М. С., студент гр. 192-23ск-1

Науковий керівник: Кравченко К. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БУДИНКІВ В СКЛЯНІЙ ОБОЛОНЦІ

Будівельна галузь споживає близько 48% світових ресурсів енергоспоживання. Тому у сучасній архітектурі з'явилась необхідність подолання екологічної кризи та дефіциту енергоресурсів.

Однією з найбільш цілісних стратегій у напрямку зменшення дефіциту є концепція Naturhus (Природний будинок). Вона базується на створенні автономного мікроклімату, де житловий простір функціонує як частина замкненої екосистеми, що забезпечує тепловий комфорт та ресурсоавтономію.

Концепція природних будинків була заснована шведським архітектором Бенгтом Варне в 1970-х роках. Основна ідея полягає в принципі «будинку в будинку»: компактне утеплене житлової зони оточується захисною скляною оболонкою. Це створює третю кліматичну зону між внутрішнім та зовнішнім середовищем, яка розширює життєвий простір залежно від сезону.

Згідно з постулатами Варне, такий будинок має: Співпрацювати з природою, використовуючи енергію сонця, вітру та дощової води. Надавати мешканцям контроль над потоками енергії (вентиляцією, поливом, опаленням). Використовувати замкнені цикли, де відходи перетворюються на ресурс для вирощування їжі.

Конструктивні рішення та архітектурне моделювання. Зовнішня оболонка виконує роль первинного кліматичного бар'єра, що акумулює сонячну енергію та нівелює агресивний вплив зовнішнього середовища. Вибір геометричної форми та конструктивної схеми оболонки визначає не лише естетику, а й енергоефективність та несучою здатністю.

Геодезичний купол (Geodesic Dome) рис. 1 є однією з найбільш досконалих форм для екстремальних кліматичних умов, зокрема для арктичних та субарктичних широт. Завдяки сферичній формі куполи демонструють мінімальний коефіцієнт лобового опору. Арктичні вітри плавно обтікають конструкцію, що мінімізує виникнення зон надмірних навантажень та знижує конвективні втрати тепла з поверхні скління.

Завдяки трикутній структурі граней є можливість розподіляти механічні напруження рівномірно по всій системі каркаса. Це забезпечує високу сейсмостійкість та здатність витримувати значні снігові навантаження при відносно малій вазі конструкції.

Оптимальним рішенням є використання алюмінієвого каркаса що забезпечує тривалий термін експлуатації без ризику корозії. Застосування загартованого скла або спеціалізованих скляних панелей у складі таких систем дозволяє досягти максимальної світлопрозорості та герметичності вузлів з'єднання.

Для проєктів, де пріоритетом є економічна доцільність та швидкість зведення, використовуються стандартні промислові рішення – двосхилі та арочні конструкції рис. 1. Основною перевагою є використання серійних профілів та стандартних вузлів кріплення що значно спрощує процес монтажу та дозволяє легко інтегрувати об'єкт у наявний ландшафт.

На відміну від складних геодезичних структур, де кожна панель може мати унікальну геометрію, уніфіковані системи дозволяють проводити локальну заміну пошкоджених елементів без ризику дестабілізації всієї оболонки. Це робить експлуатацію будівлі простішою в довгостроковій перспективі.



Рис. 1 – Вид на будівлі зі стандартним та купольним скляним контуром.

Житловий будинок завдяки зовнішньому контуру звільнений від необхідності протистояти прямим атмосферним впливам, що дозволяє розширити вибір матеріалів. Внутрішній будинок може бути зведене як із матеріалів традиційного типу (цегла, газобетон або керамічні блоки), так і з використанням екологічних рішень: дерева, саману чи глини.

Оскільки стіни внутрішнього будинку не контактують з опадами та не піддаються впливу швидкісного напору вітру, зникає необхідність у зовнішніх гідроізоляційних мембранах та складних вітрозахисних шарах. Це дозволяє знизити кошторис оздоблювальних робіт на 25–30%.

Завдяки парниковому ефекту температурний градієнт між житловим приміщенням та буферною зоною значно менший це дозволяє робити стіни більш тонкими без втрат теплового комфорту. Також це дозволяє використовувати паропроникні матеріали (необробленої деревини, саману або глиняної штукатурки). Відсутність різких перепадів температур нівелює ризик конденсації вологості всередині конструкції, що запобігає утворенню плісняви та забезпечує унікальний здоровий мікроклімат.

Але потрібно розуміти, що ефективність цих переваг безпосередньо залежить від обраного конструктивного рішення щодо розміщення житлового будинку. В інженерній практиці виділяють дві основні схеми: повну ізоляцію та гібридне розміщення.

В повній ізоляції житловий блок повністю знаходиться всередині скляного контуру. Це забезпечує максимальний захист та створює 360-градусний кліматичний буфер. Проте така схема вимагає більшої площі скління оболонки.

На противагу цьому, гібридний варіант передбачає контакт однієї або кількох стін житла з відкритим середовищем. Таке рішення суттєво спрощує прямий вихід на ділянку та зменшує об'єм повітря всередині оболонці, що полегшує вентиляцію влітку. Проте важливо враховувати, що контактні стіни, які виходять безпосередньо назовні, стають «холодними» та втрачають переваги буферної зони. Для них не діють пільгові умови буферної зони, тому вони потребують стандартного потужного утеплення, гідро- та вітроізоляції.

Енергоефективність та регулювання мікроклімату. Опалення будинку базується на поєднанні двох основних підходів: пасивного та активного.

Пасивне опалення є фундаментом енергоефективності концепції таких будинків і працює завдяки парниковому ефекту. Сонячне проміння вільно проходить крізь скляну оболонку та нагріває внутрішні поверхні, перетворюючи світлову енергію на теплову.

Для підтримки стабільної температури уночі можна використати так звані теплові акумулятори. Завдяки високій теплоємності та тепловій інерції, такі матеріали (галька, бетон, цегла або саман) накопичують сонячну енергію протягом дня та поступово віддають її у повітря після заходу сонця. Це дозволяє ефективно нівелювати добові коливання температури в межах буферної зони.

Попри високу ефективність пасивних методів, для забезпечення життєдіяльності в умовах помірно-континентального клімату України з періодами низької сонячної активності, стабільний комфорт неможливий без активних систем опалення.

У таких випадках використовується гібридна схема, де до пасивного сонячного нагріву додаються традиційні джерела тепла, такі як газові або твердопаливні котли. Вони нагрівають низькотемпературний контур, який далі передає тепло через систему трубопроводів, вмонтованих безпосередньо в масив підлоги.

Ця система дозволяє підтримувати рівномірний температурний градієнт всередині житлових приміщень, витрачаючи при цьому мінімум палива, оскільки скляний контур виступає як потужний утеплювач.

Не менш важливим аспектом енергоефективності є захист будівлі від перегріву в літній період, коли сонячна інсоляція стає надмірною.

Регулювання мікроклімату в цей час відбувається через систему природної конвекції та автоматизованого керування повітряними масами.

Фізичний принцип роботи цієї системи полягає у виникненні вертикальних конвекційних потоків: нагріте повітря, маючи меншу щільність, піднімається до найвищої точки скляної оболонки. У цій зоні встановлюються сенсорні вікна та люки, які при досягненні критичних температурних показників автоматика ініціює відкриття цих люків, створюючи ефект тяги, що забезпечує активну ексфільтрацію гарячого повітря та приплив прохолодніших мас із нижнього рівня через затінені зони фундаменту.

Додатковим інструментом термічної стабілізації виступають системи динамічного затінення, зокрема використання спеціалізованих тканинних завіс, розташованих у підкупольному просторі які будуть відсікати надмірну сонячну радіацію ще до її контакту з основними конструктивними елементами, запобігаючи перегріву внутрішнього повітря за рахунок відбиття значної частини спектра.

Гнучкість таких систем дозволяє адаптувати рівень освітленості відповідно до поточної сонячної активності, що критично для збереження комфортної температури в межах 22–25 градусів за Цельсієм у літній період без використання енергоємних систем кондиціонування.

Також регулювання тепла може здійснюватися за допомоги біорегуляції, де роль інтелектуального природного екрана виконують листопадні дерева. Це рішення демонструє ідеальну синергію біології та інженерії: у літні місяці густа крона з великою площею листя створює щільну тінь, знижуючи пряме радіаційне навантаження на стіни будинку та ґрунт. Одночасно з цим відбувається процес транспірації – випаровування вологи листям, що фізично охолоджує навколишнє повітря. У зимовий період, після природного опадання листя, дерево перестає бути перешкодою для сонячних променів, що дозволяє випромінюванню безперешкодно проникати вглиб конструкції для нагріву теплової маси гальки та стін.

Такий біологічний цикл забезпечує автоматичну сезонну корекцію енергоефективності об'єкта, роблячи його динамічною системою, здатною до саморегулювання без втручання складних механічних вузлів.

Екологічна інженерія: Сад та ресурсобіг. Інженерна екосистема будинку базується на принципі замкненого водного циклу, що дозволяє мінімізувати вплив на довкілля та ефективно використовувати ресурси. Очищення стічних вод відбувається через багатоступеневу систему: механічну фільтрацію, біологічну переробку в септиках і фінальне фіто-очищення за участю вищих водних рослин, які виконують роль природних біофільтрів, поглинаючи сполуки азоту й фосфору та нейтралізуючи патогенну мікрофлору. Саме на цьому етапі вода не лише очищується, а й збагачується поживними речовинами, що робить її придатною для подальшого використання в системі поливу.

Таким чином, регенерована вода інтегрується в автоматизовану систему іригації внутрішнього саду, формуючи замкнений трофічний цикл, у якому

нутрієнти повертаються в екосистему для підтримки росту рослин. Це забезпечує стабільну вегетацію та часткову продовольчу автономність мешканців. Водночас рослинність виконує функцію природного біофільтра: через транспірацію відбувається зволоження повітря, а листовий апарат сприяє очищенню середовища від пилу та надлишку вуглекислого газу, покращуючи мікроклімат житлового простору.

Висновки та перспективи. Технологія будинку в світлопрозорій оболонці вирізняється високим рівнем енергоефективності, що досягається завдяки формуванню кліматичної буферної зони, яка дозволяє знизити витрати на опалення на 30–40%. Такий підхід не лише оптимізує енергоспоживання, а й забезпечує захист житлового будинку від атмосферних впливів і вітрових навантажень, подовжуючи термін експлуатації конструкцій. Додатковою перевагою є інтеграція систем внутрішнього агровиробництва, що створює передумови для часткової або повної продовольчої автономії.

Попри це, ключовим стримуючим фактором залишається висока початкова вартість зведення світлопрозорої оболонки. Однак у довгостроковій перспективі ці витрати компенсуються за рахунок зниження комунальних платежів, відсутності необхідності регулярного оновлення фасадів та загальної енергетичної стабільності будівлі. Саме цей баланс між початковими інвестиціями та подальшою ефективністю формує економічну доцільність впровадження технології.

У контексті України така технологія є скоріше нішевим, але перспективним рішенням, доцільність якого залежить від кліматичних, економічних та інфраструктурних умов. Подібні будинки можуть бути ефективними в умовах нестабільного енергопостачання та підвищених вимог до автономності, забезпечуючи високий рівень енергоефективності та часткову незалежність від зовнішніх ресурсів. Водночас складність реалізації та значні початкові витрати обмежують їх масове впровадження, залишаючи цю концепцію більш релевантною для індивідуальних або експериментальних проєктів, ніж для широкого житлового будівництва.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Berg J. Sprout Living: Greenhouse Co-living for Start-up Entrepreneurs. – Gothenburg : Chalmers University of Technology, 2016. – 70 p.
2. Stang A., Hawthorne C. The Green House: New Directions in Sustainable Architecture. – New York : Princeton Architectural Press, 2005. – 197 p.
3. This family live for free in their self-sufficient biodome [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.loveexploring.com/gallerylist/66379/this-family-live-for-free-in-their-selfsufficient-biodome>
4. Hjertefølger's Nature House [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.worldconstructionnetwork.com/projects/hjertefolgers-the-nature-house/?cf-view>

УДК 728.1:620.9

Шостак К. С., студент гр. БЦІ-25-2

Науковий керівник: Хозяїкіна Н. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

АРХІТЕКТУРА МАЛОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ПОНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ ЯК НАПРЯМ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасний розвиток будівельних технологій відбувається в умовах глобальних викликів, серед яких особливе місце займають зміни клімату, зростання енергоспоживання та виснаження природних ресурсів. У цьому контексті архітектура житлових будівель трансформується з традиційного підходу формоутворення у комплексний інструмент забезпечення енергоефективності та екологічної безпеки [1].

Особливо актуальним є впровадження *поновлюваних джерел енергії* (ПДЕ) у малоповерхове житлове будівництво, яке становить значну частку житлового фонду. Використання ПДЕ дозволяє не лише зменшити енергетичне навантаження на централізовані системи, а й забезпечити автономність будівель та підвищити комфорт проживання.

Метою роботи є аналіз сучасних архітектурно-планувальних і технічних рішень у проектуванні малоповерхових житлових будинків із використанням поновлюваних джерел енергії та визначення їх ролі у розвитку будівельних технологій.

Основою енергоефективної архітектури є принцип мінімізації енергоспоживання ще на етапі проектування. До ключових підходів належать компактність об'ємно-планувального рішення, раціональна орієнтація будівлі відносно сторін світу, підвищена герметичність огорожувальних конструкцій та використання сучасних теплоізоляційних матеріалів. Особливу роль відіграє принцип пасивного сонячного опалення, що реалізується через збільшення площі скління з південної сторони [2].

Після зниження енергетичних потреб будівлі важливим етапом є інтеграція активних систем на основі ПДЕ. Найбільш поширеним джерелом є сонячна енергія, яка використовується через фотоелектричні панелі та сонячні колектори. Сучасною тенденцією є концепція «сонячного даху», де покрівля одночасно виконує функцію енергогенерації [3].

Геотермальні системи, зокрема теплові насоси, дозволяють ефективно використовувати стабільну температуру ґрунту для опалення та охолодження будівель. Їх впровадження потребує врахування геологічних умов ділянки та можливості розміщення горизонтальних або вертикальних колекторів [4].

Додатковим джерелом енергії можуть виступати малі вітроустановки, ефективність яких залежить від місцевих кліматичних умов. Важливим компонентом сучасних енергоефективних будинків є системи рекуперації тепла, що дозволяють зменшити втрати енергії при вентиляції [3].

Архітектурно-планувальні рішення відіграють визначальну роль у формуванні енергоефективного будинку. Рациональне зонування передбачає розміщення житлових приміщень з південної сторони, а допоміжних з північної, приклад зонування наведено на рис. 1. Такий підхід забезпечує оптимальне використання природної інсоляції та зменшує тепловтрати [5].



Рис. 1 – Схема орієнтації та зонування малоповерхового житлового будинку (південь – житлові приміщення, північ – допоміжні зони)

Архітектура з ПДЕ ґрунтується на низці ключових принципів:

- Пасивна енергоефективність: Першочергове завдання - зменшити потреби будинку в енергії через архітектурні засоби. До них належать: компактність форми, правильна орієнтація по сторонах світу (максимальне скління на південь для сонячної пасивної опалення), супергерметичний тепловий контур, високоефективна теплоізоляція огорожувальних конструкцій та вікон, використання теплоємних матеріалів для аккумуляції тепла [2].

- Активне використання ПДЕ: Після мінімізації потреб дефіцит енергії покривається за рахунок активних систем: сонячних колекторів, фотоелектричних панелей, теплових насосів, вітряків, систем рекуперації тепла.

- Біокліматичний підхід: Архітектура має «читати» місцеві умови — інсоляцію, рози вітрів, рельєф, наявність рослинності — і використовувати їх на користь будівлі.

- Інтеграція, а не інсталяція: Технології ПДЕ мають стати невід'ємною частиною архітектурного образу, а не чужорідними елементами, що «навішуються» на готовий будинок.

Конструктивні рішення також спрямовані на підвищення енергоефективності. Використання вентилязованих фасадів, багат шарових огорожувальних конструкцій та енергоефективних склопакетів забезпечує значне зниження тепловтрат. Перспективним напрямом є інтеграція фотоелектричних елементів безпосередньо у фасади (BIPV-технології).

Конструктивні рішення:

- Дах: Може бути одно-, дво- або навіть багатоскатним для оптимального розміщення PV-панелей під потрібним кутом. Зелені покрівлі додатково ізолюють та покращують мікроклімат.

- Фасади: Використовуються вентилязовані фасади з суперутеплювачем, фасади з дерев'яними або композитними панелями. Розглядається інтеграція BIPV (Building-Integrated Photovoltaics) - фасадних фотоелектричних панелей.

- Скління: Енергоефективні склопакети з низькоемісійним покриттям та заповненням інертним газом. Для запобігання перегріву влітку використовуються архітектурні сонцезахисні елементи (карнизи, жалюзі, перголи).

Сучасний підхід до проектування передбачає не просто встановлення технічного обладнання, а його органічну інтеграцію в архітектурний образ будинку. Технологічні елементи стають частиною естетики, формуючи нову архітектурну мову. Сонячні панелі стають текстурою даху чи фасаду. Вітротурбіни можуть бути об'єктами скульптурної форми. Системи збору дощової води впливають на форму ландшафту. Будинок перестає виглядати як «технологічний конструктор», а набуває цілісного, часто футуристичного чи, навпаки, органічно-біоморфного вигляду [1].

Результати міжнародних досліджень підтверджують високу ефективність стандарту пасивного будинку саме для малоповерхового будівництва. Зокрема, дослідження ретрофіту малоповерхового замиського будинку в Китаї за стандартом Passivhaus EnerPHit продемонструвало зниження енергоспоживання на опалення на 90% (до 14,9 кВт·год/м²·рік) та на охолодження на 70% (до 12,6 кВт·год/м²·рік) порівняно з базовим рівнем [6].

Довгостроковий моніторинг легкого дерев'яного односімейного пасивного будинку в Польщі підтвердив, що реальне енергоспоживання на

опалення не перевищує $15 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2\cdot\text{рік}$ при піковому навантаженні $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$, що повністю відповідає вимогам стандарту Passivhaus. Важливим висновком цього дослідження є те, що навіть легкі конструкції з низькою тепловою інерцією здатні забезпечувати комфортні умови без активної системи охолодження [7].

Вимірювання, проведені в німецькому Living Lab на базі малого будинку FIRSTLIFE (загальною площею $63,5 \text{ м}^2$), показали високу точність розрахункових моделей - розбіжність між розрахованими та вимірними значеннями теплопровідності стін не перевищила $0,015 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ [8]. Візуальне порівняння результатів енергоспоживання на опалення та економія в малоповерхових будинків за пасивними стандартами із звичайними на прикладі міжнародного досвіду показані на рис. 2.



Рис. 2 – Порівняння енергоспоживання малоповерхових пасивних будинків із звичайними

Економічна доцільність впровадження ПДЕ полягає у зниженні експлуатаційних витрат. Хоча початкові інвестиції можуть бути вищими на 10-30 %, подальше скорочення витрат на енергоресурси забезпечує окупність у середньостроковій перспективі. Соціальний ефект проявляється у формуванні екологічно свідомого способу життя та підвищенні якості житлового середовища.

Отже, архітектура малоповерхових житлових будинків із використанням поновлюваних джерел енергії є одним із ключових напрямів розвитку сучасних будівельних технологій та органічною інтеграцією в архітектурний образ будівлі. І базується вона на комплексному підході, що поєднує архітектурні, інженерні та екологічні рішення. Перспективи розвитку даного напрямку пов'язані з удосконаленням технологій, зниженням їх вартості та широким впровадженням у практику житлового будівництва.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Пасивний будинок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://passivehouse.com>
2. Ламаер Ф. Стандарт будівлі «Пасивний дім» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://passivehouse.com/02_informations/02_passive-house-requirements
3. Енергоефективність у будівництві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://energy-efficiency.in.ua>
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівництво. Захист від небезпечних геологічних процесів. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010
5. Passive House Institute [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://passivehouse.com>
6. Liu C., Mohammadpourkarbas H., Sharples S. Evaluating the potential energy savings of retrofitting low-rise suburban dwellings towards the Passivhaus EnerPHit standard in a hot summer/cold winter region of China // *Energy and Buildings*. – 2021. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110555>
7. Waş K., Radoń J., Sadłowska-Sałęga A. Thermal Comfort—Case Study in a Lightweight Passive House // *Energies*. – 2022. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/en15134687>
8. Project Report: Thermal Performance of FIRSTLIFE House [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://passivehouse.com>

УДК 330.1

Василенко В. Г. студент групи БД-23-11

Науковий керівник: Тяжкороб І. І., викладач спеціальних дисциплін

Кам'янський енергетичний фаховий коледж, м. Кам'янське, Україна

СИНЕРГІЯ НАУКИ ТА БІЗНЕСУ: ЯК ІННОВАЦІЇ ЗМІНЮЮТЬ БУДІВЕЛЬНИЙ РИНОК

Будівельна галузь – це не просто цегла й бетон, а фундамент економіки, на якому стоїть суспільство. Протягом десятиліть вона залишалася консервативною, покладаючись на перевірені технології та традиційні матеріали. Але сьогодні все змінюється: наука і бізнес більше не існують окремо – вони працюють у тандемі, створюючи нову архітектуру ринку. Інновації стають не «додатком», а серцем розвитку: вони визначають конкурентоспроможність компаній, якість споруд і екологічну безпеку середовища. Синергія науки та бізнесу – це не просто співпраця, а **спільне будівництво майбутнього**, де кожен учасник отримує вигоду, а суспільство – комфортні, розумні та стійкі простори для життя.

Наука виступає фундаментом інноваційних змін. Дослідження у сфері хімії та фізики матеріалів дали поштовх до створення еко-бетону, геополімерів, біокомпозитів, матеріалів із підвищеною стійкістю до корозії та впливу кліматичних факторів.

Наприклад, **КНУБА** розробив геополімерний бетон, який знижує викиди CO₂ на 40% і витримує екстремальні навантаження. Це матеріал, що виготовляється з додаванням матеріалів, які утворюються внаслідок руйнування будівель, та інших промислових і сільськогосподарських відходів. Такі рішення дозволяють будувати споруди, які служать довше, витримують екстремальні умови та водночас зменшують негативний вплив на довкілля. Важливим напрямом є розробка «розумних» матеріалів, здатних реагувати на зміну температури чи вологості, що забезпечує додатковий рівень комфорту та безпеки.

Паралельно розвивається цифровізація: впровадження BIM-технологій, використання штучного інтелекту та роботизації дозволяють оптимізувати процеси проєктування й будівництва, скорочувати терміни реалізації проєктів та мінімізувати кількість помилок. Стартапери у Харкові та Києві вже друкують житло на 3D-принтерах (рис. 1).



Рис. 1 – Процес друкування будівлі

Принтер може надрукувати повний каркас будинку площею 70 квадратних метрів менш ніж за 100 годин. Бізнес у цьому процесі виконує роль рушійної сили впровадження. Саме підприємницькі структури здатні перетворити наукові відкриття на реальні продукти та послуги, які використовуються у будівництві. Інвестиції у стартапи, створення корпоративних дослідницьких центрів, підтримка інноваційних кластерів – усе це сприяє швидкому поширенню нових технологій. Бізнес має можливість масштабувати інновації, роблячи їх доступними для широкого ринку. Ті компанії, які першими інтегрують нові рішення, отримують стратегічну перевагу, формують нові стандарти якості та безпеки, а також задають напрям розвитку для всієї галузі. Важливо й те, що бізнес здатний швидко реагувати на потреби клієнтів, адаптуючи наукові розробки до конкретних умов і вимог.

Синергія науки та бізнесу проявляється у створенні спільних платформ співпраці. Університети, дослідницькі інститути та компанії формують партнерства, які дозволяють об'єднувати ресурси, знання та досвід. Індустріальні парки та технополіси стають просторами, де науковці працюють поруч із підприємцями, а результати досліджень одразу тестуються у виробничих умовах. Така модель взаємодії забезпечує швидкий обмін інформацією, скорочує шлях від ідеї до готового продукту та створює умови для сталого розвитку галузі. Важливим елементом є участь держави, яка формує нормативну базу, забезпечує фінансування та створює сприятливі умови для інноваційних проєктів. Лише у трикутнику «наука – бізнес – держава» можливий справжній прорив, що змінює не лише будівельний ринок, а й економіку загалом. Одним із прикладів такої синергії є «Велике Відновлення» програма держави, що об'єднує науку і бізнес для відновлення зруйнованих помешкань та іншої інфраструктури. *Тисячі об'єктів по всій країні*

знаходяться на різних стадіях – від планування і підготовки до будівництва і здачі в експлуатацію. Бородянка на Київщині є одним із перших прикладів комплексного відновлення в Україні. На початку повномасштабного вторгнення тут було зруйновано або пошкоджено 825 житлових будинків. Відновлення розпочалося одразу після деокупації. Станом на сьогодні, у Бородянці вже відновлено понад 600 об'єктів, – це 80% усіх руйнувань. Триває нове будівництво багатоквартирних будинків на місці зруйнованих, капітальні ремонти житла та відновлення соціальної інфраструктури. Робота здійснюється у співпраці Мінрозвитку, Державного агентства відновлення та Київської обласної військової адміністрації.

Наразі будівельні роботи тривають на 62 об'єктах. В експлуатацію вже введено 12 багатоквартирних житлових будинків. Завершення будівельних робіт ще на 24 багатоповерхівках заплановане до кінця 2025 року, а ще 23 об'єкти мають бути завершені у 2026 році. Серед них – нове будівництво 9 багатоквартирних житлових будинків.

Паралельно триває відновлення соціальної інфраструктури. У 2026 року планують завершити капітальний ремонт будівлі центру зайнятості, архіву, Бородянської селищної ради та розпочати роботи з відновлення Будинку культури, школи мистецтв та ліцею (рис. 2).



Рис. 2 – До та після проєкту «Велике відновлення» в Ірпіні

Інновації вже суттєво вплинули на будівельний ринок. Використання нових матеріалів та автоматизація процесів знижують собівартість будівництва, роблять його більш економічним. Сучасні стандарти передбачають не лише міцність споруд, а й їх екологічність, енергоефективність та комфорт для мешканців. Це означає, що будівництво перестає бути лише технічним процесом – воно стає соціально значущим явищем, яке визначає якість життя людей. Інновації змінюють конкурентне середовище: компанії, що активно впроваджують нові технології, стають лідерами, тоді як традиційні гравці ризикують втратити позиції. Це стимулює постійний розвиток і пошук нових рішень, адже відставання від інноваційного тренду може призвести до втрати ринку. Перспективи розвитку синергії науки та бізнесу у будівництві виглядають надзвичайно обнадійливо. У майбутньому можна очікувати ще

більшої інтеграції цифрових технологій, розвитку «розумних» міст, використання відновлюваних джерел енергії та матеріалів із замкненим циклом. Глобальна співпраця та міжнародні проекти дозволять прискорити впровадження інновацій, обмінюватися досвідом та створювати універсальні стандарти. Водночас важливо, щоб держава підтримувала ці процеси, забезпечуючи фінансування та формуючи сучасну нормативну базу. Лише у взаємодії науки, бізнесу та держави можливий справжній прорив, який змінить не лише будівельний ринок, а й економіку загалом.

Таким чином, синергія науки та бізнесу у будівництві є ключем до сталого розвитку галузі. Інновації перестали бути розкішю – вони стали необхідністю. Саме вони визначають майбутнє будівельного ринку, його конкурентоспроможність та здатність відповідати на виклики часу. Кожен новий проєкт, що поєднує наукові досягнення та бізнесові стратегії, стає кроком уперед у формуванні сучасного, безпечного й екологічного середовища для життя. Будівельний ринок, що інтегрує наукові відкриття та бізнесові підходи, перетворюється на простір постійного оновлення, де інновації стають основою розвитку, а синергія науки та бізнесу – гарантією успіху.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. У КНУБА розробляють бетон для 3D-друку будівель з уламків зруйнованих споруд [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.knuba.edu.ua/u-knuba-rozroblyayut-beton-dlya-3d-druku-budivel-z-ulamkiv-zrujnovanyh-sporud/>
2. Шнайдер В. «Будуємо у 10 разів швидше, ніж традиційні будівельники». Як працює український стартап DrukDim, що друкує будинки на 3D-принтері [Електронний ресурс] / В. Шнайдер // dev.ua. – 2025. – 9 вересня. – Режим доступу: <https://dev.ua/news/buduiemo-u-10-raziv-shvydshe-nizh-tradytsiini-budivelnyky-startap-drukdim-pro-3d-druk-budynkiv-1757400772>
3. Нефьодов М. Портал великого відновлення: як громади можуть контролювати відбудову? [Електронний ресурс] / М. Нефьодов // Українська правда. – 2025. – 20 березня. – Режим доступу: <https://www.pravda.com.ua/columns/2025/03/20/7503755/>
4. Іщенко М., Крутякова Т. Росія ізувечила Бучу, Ірпінь та інші міста під Києвом у 2022 році. Що з ними зараз (фото) [Електронний ресурс] / М. Іщенко, Т. Крутякова // Телеграф. – 2025. – 24 лютого. – Режим доступу: <https://news.telegraf.com.ua/ukr/ukraina/2025-02-24/5899069-rossiya-izuvechila-buchu-irpen-i-drugie-goroda-pod-kievom-v-2022-godu-cho-s-nimi-seychas-foto>

УДК 621.3

Гук В. С., студент групи БД-22-1/9

Науковий керівник: Тяжкороб І. І., викладач спеціальних дисциплін
Кам'янський енергетичний фаховий коледж, м. Кам'янське, Україна

КОГЕНЕРАЦІЯ: ШЛЯХ ДО ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ

Когенерація – це високоефективна технологія, яка забезпечує одночасне виробництво електричної та корисної теплової енергії з одного джерела палива. На відміну від традиційних електростанцій, де до 60% енергії втрачається у вигляді тепла, когенераційні системи відбирають і використовують цю теплову енергію для опалення, промислових процесів або виробництва пари, підвищуючи загальний ККД системи до 90%.

Когенераційні технології бувають різних видів:

1. **Паротурбінні установки** - вони працюють на пару. Пара високого тиску крутить турбіну, яка виробляє електрику. Відпрацьована пара потім йде на опалення.

2. **Газотурбінні установки** - вони, відповідно, використовують газ. Газ згоряє в камері, а продукти згоряння крутять турбіну. Тепло від вихлопних газів потім йде в теплообмінник.

3. **Поршневі двигуни** - це схоже на двигун в автомобілі. Вони працюють на газі або дизелі. Тепло від охолоджуючої рідини та вихлопних газів теж можна використовувати.

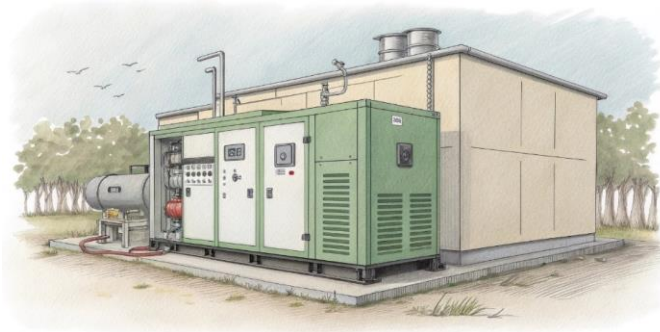


Рис. 1 – Когенераційна установка

Когенераційні установки на біогазі

Біогаз, як відновлюваний ресурс, відкриває широкі перспективи для екологічної енергетики. Когенераційна установка – це те, що може працювати навіть на біогазі, що значно зменшує кількість відходів і дозволяє виробляти енергію з меншим вуглецевим слідом. Біогаз утворюється шляхом анаеробного розкладу органічних речовин, таких як харчові та сільськогосподарські відходи, і складається переважно з метану та вуглекислого газу.



Рис. 2 – Когенераційна установка на біогазі

Переваги та недоліки когенераційних установок:

Однією з головних переваг когенераційних установок є їхня висока енергоефективність. Завдяки одночасному виробництву електроенергії та тепла загальний ККД може сягати 85-90%, що значно перевищує ефективність окремих електростанцій і котелень. Крім того, когенераційні системи забезпечують незалежність від централізованих мереж, що особливо важливо в умовах енергетичної нестабільності.

Втім, когенераційні установки мають і свої недоліки. Головним з них є висока вартість початкових інвестицій – закупівля та встановлення обладнання потребують значних фінансових вкладень. Крім того, для ефективного використання виробленого тепла необхідно мати постійний споживчий контур, що не завжди можливо.

Фундамент під когенераційну установку:

Фундамент під когенераційну установку – це монолітна залізобетонна плита, розрахована на високі вібраційні навантаження та вагу обладнання. Ключові етапи: проектування з урахуванням ґрунту (глибина 1,2-1,5 м), армування, заливка важким бетоном, вібропресування та обов'язкове забезпечення рівномірного висихання під плівкою.

Етапи монтажу когенераційної установки:

Процес монтажу когенераційної установки складається з семи ключових етапів.

1. Первинний аналіз і консультація
2. Енергетичний аудит і техніко-економічне обґрунтування (ТЕО)
3. Проектування системи

На цьому етапі створюється робочий проєкт: обирається тип установки (газопоршнева, мікротурбінна), розробляються схеми підключення до електро- та тепломереж, враховуються норми безпеки й локальні умови.

4. Постачання обладнання

Організовуємо закупівлю та доставку когенераційної установки та супутніх елементів – генераторів, теплообмінників, систем автоматики – безпосередньо на об'єкт замовника.

5. Монтаж когенераційної установки

Виконується повний комплекс будівельно-монтажних робіт: підготовка майданчика, встановлення обладнання, прокладка трубопроводів, підключення до електро- і тепломереж, створення системи відведення вихлопних газів.

6. Пусконаладжувальні роботи

Фахівці запускають когенераційну установку, тестують усі вузли, налаштовують автоматику та забезпечують стабільну взаємодію з усіма інженерними системами об'єкта.

7. Навчання персоналу і технічний супровід

Проводиться навчання співробітників замовника, передається експлуатаційна документація, забезпечується гарантійне та післягарантійне обслуговування.

Основні етапи облаштування фундаменту:

1. Проектування та розрахунок: фундамент має бути відокремлений від загального фундаменту будівлі для мінімізації вібрацій (зазвичай нижче рівня підлоги на 0,5 м). Потрібен розрахунок навантажень від ваги КГУ.

2. Підготовка основи: викопується котлован, робиться піщано-гравійна подушка (іноді бетонна), яка ретельно трамбується.

3. Армування: створюється просторовий каркас з арматури, щоб витримати вібрацію.

4. Заливка бетоном: використовується важкий бетон. Залити краще порціями, розподіляючи вібратором, щоб уникнути пустот.

5. Догляд за бетоном: для запобігання тріщинам поверхню накривають плівкою або мішковиною, зволожують, щоб забезпечити рівномірне висихання.

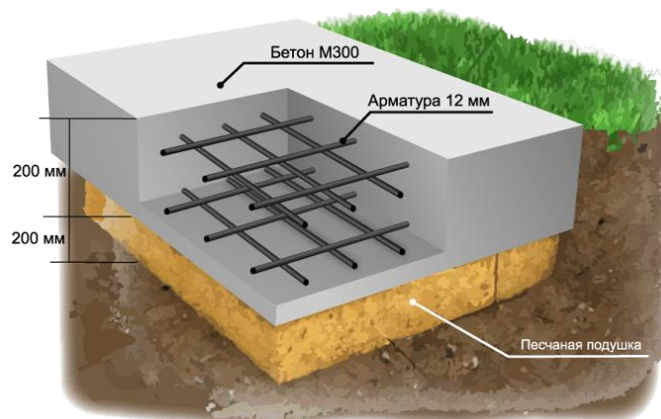


Рис. 3 – Склад фундаменту під когенераційну установку

Важливі нюанси:

- Віброізоляція: часто під КГУ облаштовують окремий "плаваючий" фундамент, щоб вібрації не передавалися на конструкції будівлі.

- Анкерні болти: до заливки встановлюються анкерні болти або закладні деталі для точного кріплення установки.
- Комунікації: заздалегідь передбачити канали для кабелів, труб газу, води та вихлопних газів.

ВИСНОВОК:

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що впровадження когенераційних технологій є одним із найперспективніших напрямів модернізації сучасної енергетики. Головна цінність цієї технології полягає у її здатності трансформувати традиційний підхід до використання палива, підвищуючи коефіцієнт корисної дії з пересічних 40% до вражаючих 90%. Одночасна генерація електрики та тепла дозволяє не лише суттєво знизити собівартість енергоресурсів на підприємстві, а й забезпечити високий рівень автономності, що є критично важливим в умовах нестабільної роботи централізованих мереж.

Особливої уваги заслуговує екологічний аспект, зокрема використання біогазу. Перехід на відновлювані джерела енергії в поєднанні з когенерацією дозволяє бізнесу розв'язувати проблему утилізації органічних відходів, одночасно зменшуючи вуглецевий слід. Це створює модель замкнутого циклу, де відходи перетворюються на цінний ресурс, забезпечуючи стале розвиток виробництва. Водночас успішна реалізація когенераційного проекту вимагає комплексного та професійного підходу на кожному етапі. Високі початкові інвестиції виправдовують собі лише за умови грамотного проектування та бездоганного виконання монтажних робіт. Як було зазначено, надійність установки починається з фундаменту – критично важливого вузла, що має поглинати вібраційні навантаження та забезпечувати стабільність усієї системи протягом десятиліть. Нехтування технічними нюансами, такими як віброізоляція або точність встановлення анкерних кріплень, може нівелювати всі переваги дороговартісного обладнання.

Отже, когенерація – це не просто купівля генератора, а складне інженерне рішення, яке потребує детального енергоаудиту, професійного сервісу та навченого персоналу. Незважаючи на значні капіталовкладення, за правильного підходу когенераційні установки стають надійним фундаментом енергетичної безпеки та економічного зростання будь-якого сучасного об'єкта – від агрокомплексу до промислового підприємства чи житлового кварталу. Вибір на користь когенерації сьогодні – це інвестиція у конкурентоспроможність та екологічне майбутнє завтра.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інвестиція в кіловати. Чому власна когенерація в Україні стає альтернативою станціям і генераторам: всі деталі [Електронний ресурс] // NV Бізнес. – 2025. – 20 лютого. – Режим доступу: <https://biz.nv.ua/markets/otklyuchenie-sveta->

[kogeneracionnye-ustanovki-alternativa-stanciyam-i-generatoram-vse-detali-50481820.html](https://termocom.com.ua/kogeneracija-cto-jeto-takoe-kogeneracija-i-ee-princip-raboty/)

2. Когенерація – що це таке? Принцип роботи когенерації [Електронний ресурс] // Термосом. – Режим доступу: <https://termocom.com.ua/kogeneracija-cto-jeto-takoe-kogeneracija-i-ee-princip-raboty/>

3. Когенерація і газопоршневі електростанції: що вибрати для промислових об'єктів [Електронний ресурс] // Tribun. – 2025. – 10 липня. – Режим доступу: <https://tribun.com.ua/ru/121438-kogeneratsija-i-gazoporshnevy-elektrostantsii-cto-vybrat-dlja-promyshlennyx-objektov>

4. Когенерація (СНП): принцип роботи та переваги [Електронний ресурс] // RSE Group. – Режим доступу: <https://rsegroup.com.ua/cogeneration/>

УДК 624.9

Ємельяненко С. О., Воробйова І. Ю., студенти групи БД-23-11
Науковий керівник: Тяжкороб І. І. викладач спеціальних дисциплін
Кам'янський енергетичний фаховий коледж, м. Кам'янське, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БУДІВНИЦТВІ

Сучасна будівельна галузь характеризується стрімким розвитком та впровадженням інноваційних технологій, що значно змінюють підходи до проектування, організації та виконання будівельних робіт. Інновації дозволяють підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати ресурсів, скоротити терміни будівництва та забезпечити високу якість будівельної продукції.

Інноваційні технології у будівництві включають широкий спектр рішень, серед яких цифрові технології, автоматизація процесів, новітні будівельні матеріали, роботизація та застосування альтернативних джерел енергії. Їх впровадження є необхідною умовою розвитку сучасного будівництва та підвищення його конкурентоспроможності.

Однією з найбільш важливих інновацій є технологія інформаційного моделювання будівель (BIM). Вона дозволяє створювати тривимірні цифрові моделі об'єктів, які містять повну інформацію про конструктивні елементи, інженерні системи та матеріали. Використання BIM-технологій забезпечує більш точне планування, зменшення кількості помилок та ефективну координацію між учасниками будівельного процесу.

Значну роль відіграє також використання 3D-друку у будівництві. Ця технологія дозволяє створювати будівельні конструкції шляхом пошарового нанесення матеріалу. Основною перевагою 3D-друку є швидкість виконання робіт, зниження витрат матеріалів та можливість реалізації складних архітектурних форм. У деяких країнах вже реалізовано проекти житлових будинків, створених за допомогою 3D-друку.

Важливим напрямом розвитку є застосування безпілотних літальних апаратів (дронів). Вони використовуються для моніторингу будівельних майданчиків, проведення геодезичних вимірювань, контролю якості виконання робіт та оцінки стану об'єктів. Використання дронів дозволяє підвищити точність вимірювань та зменшити витрати часу на виконання контрольних операцій.

Роботизація будівельних процесів є ще одним важливим напрямом інновацій. Будівельні роботи, які раніше виконувалися вручну, поступово автоматизуються. Роботи можуть виконувати такі операції, як кладка цегли, зварювання, фарбування та монтаж конструкцій. Це дозволяє підвищити

продуктивність праці, зменшити вплив людського фактора та забезпечити більш високу якість виконання робіт.

Інноваційні будівельні матеріали також відіграють важливу роль у розвитку галузі. До них належать самовідновлюваний бетон, композитні матеріали, енергоефективні панелі та теплоізоляційні матеріали нового покоління. Самовідновлюваний бетон здатний самостійно усувати тріщини, що значно подовжує термін експлуатації конструкцій. Композитні матеріали забезпечують високу міцність при невеликій вазі, що дозволяє зменшити навантаження на фундамент.

Енергоефективність є одним із ключових напрямів сучасного будівництва. Використання інноваційних технологій дозволяє зменшити споживання енергії та знизити витрати на експлуатацію будівель. До таких технологій належать сонячні панелі, системи рекуперації тепла, розумні системи управління будівлями та сучасні теплоізоляційні матеріали.

Автоматизація будівельних процесів включає використання спеціалізованого програмного забезпечення для планування та управління проектами. Такі програми дозволяють оптимізувати використання ресурсів, контролювати виконання робіт та своєчасно виявляти відхилення від плану. Це сприяє підвищенню ефективності управління будівництвом.

Інноваційні технології також сприяють підвищенню рівня безпеки на будівельних майданчиках. Використання сучасних засобів контролю, датчиків та автоматизованих систем дозволяє своєчасно виявляти небезпечні ситуації та запобігати нещасним випадкам. Роботи та дрони можуть виконувати небезпечні операції, зменшуючи ризик для працівників.

Екологічний аспект є важливим фактором розвитку будівництва. Використання екологічно чистих матеріалів, технологій повторного використання ресурсів та зменшення відходів сприяє збереженню навколишнього середовища. Сучасні будівельні технології спрямовані на створення енергоефективних та екологічно безпечних будівель.

Таблиця 1

Основні інноваційні технології у будівництві

Технологія	Характеристика
ВІМ	Цифрове моделювання будівель
3D-друк	Швидке зведення конструкцій
Дрони	Моніторинг та контроль
Роботи	Автоматизація процесів
Екоматеріали	Зменшення впливу на довкілля

Перспективи розвитку будівельної галузі пов'язані з подальшим впровадженням інноваційних технологій. Очікується активне використання штучного інтелекту, автоматизованих систем управління та нових матеріалів.

Це дозволить ще більше підвищити ефективність будівництва та зменшити витрати.

Отже, інноваційні технології відіграють ключову роль у розвитку будівництва. Вони забезпечують підвищення якості, економічності та безпеки будівельних робіт. Їх впровадження є необхідною умовою розвитку сучасної будівельної галузі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 52 с.
2. Менайлюк О. І., Дорофєєв В. С., Лукашенко Л. Є. Сучасні технології в будівництві : навч. посіб. – Одеса : ОДАБА, 2009. – 220 с.
3. Нові технології в будівництві: наук.-техн. журнал. – Київ, 2020.
4. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві : збірник наукових праць. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 180 с.

УДК 69:502/504

Малий Р. С., студент групи БЦІм-25-1

Єлісеєва М. О., к.т.н., старший викладач кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

ПОТЕНЦІАЛ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ БУДІВЕЛЬ У БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Вступ

У сучасних умовах в Україні проблема утилізації будівельних відходів набула особливої актуальності через значні обсяги руйнувань житлових і промислових об'єктів. Утворені відходи варто розглядати не як екологічну проблему, а як цінний ресурс для повторного використання. Світова практика демонструє ефективність підходів циркулярної економіки, що передбачає повернення відходів у виробничий цикл та зменшення споживання первинних ресурсів [1, 2].

В Україні та Європі активно розвиваються підходи до управління будівельними відходами, які передбачають їх сортування, переробку та повторне використання. У цьому контексті розглядається можливість використання уламків зруйнованих споруд як вторинної сировини для будівельних матеріалів [1, 2].

Зокрема, перспективним напрямом є створення бетонних сумішей із використанням перероблених матеріалів, що дозволяє зменшити потребу у природних заповнювачах та підвищити ефективність ресурсокористування.

Також розвиваються інноваційні технології, зокрема 3D-друк будівель, для яких у якості сировини можуть застосовуватися перероблені будівельні матеріали. Це відповідає сучасним тенденціям зеленого сталого будівництва та зниження екологічного навантаження на довкілля [3].

Будівельні відходи після руйнувань включають бетон, цеглу, метал, скло, деревину та інші матеріали, значна частина яких може бути повторно використана після переробки [2, 4, 5].

На рисунку 1 зображено схему переробки основних видів будівельних відходів у вторинні матеріали. Як видно з рисунка 1, більшість будівельних відходів після демонтажу та подрібнення перетворюються на якісні вторинні матеріали: бетонні уламки – на заповнювачі типу агрегату 1 або VRD (Volume Recycled Demolition material – перероблений матеріал руйнувань за об'ємом), цегла – на щебінь, метали повертаються в металургійний цикл, дерев'яні елементи – у деревинно-стружкові плити, а скло та ПВХ – у відповідні вторинні гранули. Така схема демонструє високий потенціал циркулярної економіки,

оскільки дозволяє максимально закрити цикл використання матеріалів і значно зменшити потребу в первинних природних ресурсах.



Рис. 1 – Схема переробки основних видів будівельних відходів у вторинні матеріали (бетон, цегла, метали, дерев'яні двері, штукатурка, скло/ПВХ)

Основні технологічні етапи переробки будівельних відходів включають:

- сортування;
- демонтаж та подрібнення;
- очищення;
- отримання вторинних матеріалів для повторного використання [2, 6].

В технологічному плані рециклінг будівельних відходів часто має значно більше переваг, ніж використання первинної сировини, оскільки дозволяє покращити експлуатаційні властивості будівельних матеріалів та знизити енергоємність технології їх виробництва. Наприклад, як зазначено в [7], сучасна технологія виробництва скла із природної сировини передбачає нагрів природних компонентів шихти в ванних печах до температури 1400 – 1500 °С, що складає приблизно 75 – 85% загальних енергетичних потреб для виробництва скла. При цьому вторинне скло, яке називають склобоек, має значно нижчий температурний поріг при плавленні, ніж природна сировина (пісок), який становить при виготовленні скла в ванних печах біля 1000 – 1100 °С. Таким чином, заміна первинної сировини на склобій дозволяє до 25 % зекономити енергії. Крім того, знижуються обсяги викидів парникових газів, які виникають під час цього технологічного процесу. Отже, при правильному налаштуванні технології виробництва будівельних матеріалів із вторинних матеріальних ресурсів достатньо можливим є не тільки зменшення споживання природних ресурсів, а і скорочення енергозатрат та зниженню викидів CO₂ в атмосферу.

На рисунку 2 зображено рівень рециклінгу будівельних матеріалів у різних країнах світу.

Як видно з рисунка 2, у багатьох розвинених країнах рівень рециклінгу будівельних відходів є дуже високим. Лідери (Нідерланди – 99,5 %, Японія –

95,5 %, Сінгапур – 99 %, Німеччина – 90,5 %, Австралія – 84 %) досягають таких результатів завдяки комплексному підходу: жорсткому регулюванню (принцип «забруднювач платить», розширена відповідальність виробника та обов’язкове сортування відходів безпосередньо на місці руйнування), потужним економічним стимулам (податкові пільги для використання вторинної сировини, штрафи за захоронення та пріоритет перероблених матеріалів у державних закупівлях), а також добре розвиненій інфраструктурі переробки з сучасним технологічним обладнанням та автоматизованими сортувальними лініями.

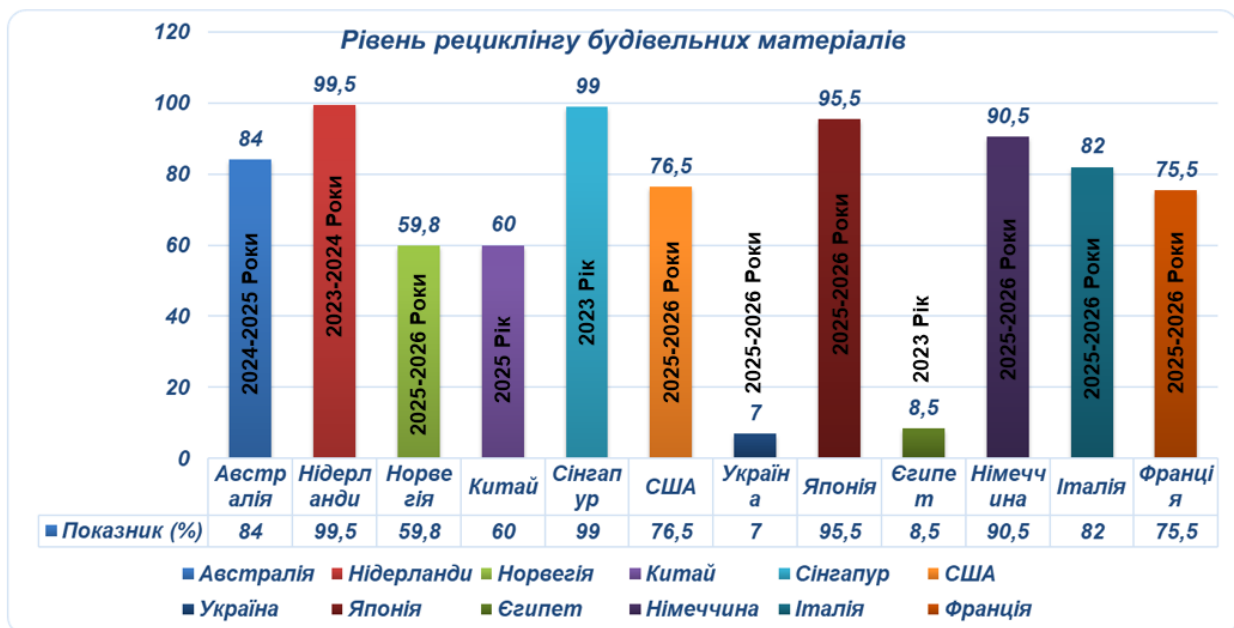


Рис.2 – Рівень рециклінгу будівельних матеріалів у різних країнах (дані за різні періоди)

Навпаки, у країнах з нижчими показниками (Україна – 7 %, Єгипет – 8,5 %) спостерігається брак дієвих механізмів економічного стимулювання, чітких нормативних вимог до використання вторинної сировини та недостатньо розвинутої інфраструктури. Це призводить до значних обсягів захоронення відходів і втрати цінних ресурсів.

Ефективна система переробки потребує розвитку відповідної інфраструктури, що включає сортувальні комплекси та технологічне обладнання для переробки відходів [6]. Важливим аспектом є дотримання якості вторинних матеріалів, що досягається шляхом контролю технологічних процесів та впровадження сучасних підходів управління відходами.

Застосування рециклінгу будівельних матеріалів дозволяє зменшити обсяги захоронення відходів, скоротити використання природних ресурсів, знизити екологічне навантаження та підвищити ефективність будівельної галузі [2, 6].

Висновки.

Переробка будівельних відходів є важливим і перспективним напрямом розвитку будівельної галузі. Використання вторинної сировини дозволяє зменшити екологічні ризики, скоротити видобуток природних ресурсів, знизити викиди парникових газів та обсяги захоронення на полігонах.

Інтеграція сучасних технологій, зокрема 3D-друку та інноваційних методів переробки, відкриває нові можливості для створення сталих будівельних матеріалів і розвитку циркулярної економіки в будівництві.

В Україні відсоток рециклінгу будівельних відходів є досить низьким. Серед причин: неефективна система роздільного збору відходів (неоднорідність за типом та кольором), дефіцит промислових ліній через нерівномірну систему роздільного збору, неоднорідність за типами та кольором відходів і дефіцит промислових ліній для тонкого подрібнення та очищення вторинних матеріальних ресурсів. Тому, вирішення проблеми потребує комплексного підходу: удосконалення нормативної бази (включно з економічними стимулами та розробкою ДБН, які встановлюють чіткі правила щодо використання вторинної сировини у будівництві), інвестицій в технології та інфраструктуру, а також формування культури раціонального ресурсокористування та сортування відходів у населення. Лише за цих умов будівельна галузь зможе перейти до принципів сталого розвитку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Construction and Demolition Waste // European Commission [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en
2. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року // Кабінет Міністрів України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p>
3. Практичні аспекти управління відходами в Україні : посібник / М. О. Барінов, І. Л. Олексівець, Д. В. Родная, Т. В. Журавель, С. В. Коломієць, І. А. Козлова, Г. П. Пархоменко. - Київ : Поліграф плюс, 2021. - 118 с.
4. Перетворення будівельних відходів та зруйнованих матеріалів на ресурс // Novatorstroy [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://novatorstroy.com/ua/pres-relizi/peretvorennya-budivelnykh-vidkhodiv-ta-zrujnovanikh-materialiv-na-resurs/>
5. Ресайклінг будівельних матеріалів // V-Variant [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://v-variant.com.ua/article/resayklinh-budivelnykh-materialiv/>
6. Утилізація руїн. Як на Київщині та Чернігівщині використовують будівельне сміття для відбудови // Texty.org.ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://texty.org.ua/articles/110508/pererobka-ruyin-jak-na-kyyivshchyni-i-chernihivshchyni-sortujut-budivelne-smittja-i-vykorystovujut-joho-pry-vidbudovi/>

7. Yeliseieva M.O., Shylo O.M. Practical cases of recycling secondary glass in building. *Modern construction and architecture*. 2026, no. 15, page 68 – 78. <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2026-15-68-78>

УДК 627.8:502.3

Москаленко С. І., студент гр. ГТБ-25-1

Науковий керівник: Чушкіна І. В., к.т.н., доцент кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВА ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

У нашому світі люди завжди мали неоднозначні стосунки з водою. Століттями люди будували великі споруди, такі як дамби та канали, лише щоб полегшити своє життя багатьма способами, наприклад, для отримання електроенергії, допомоги у вирощуванні їжі та підтримки сухих будинків під час сильних дощів. Важко уявити наш сучасний світ без них, але є один нюанс. Щоразу, коли щось будується в річці, система, яка чудово працювала сама по собі тисячі років, змінюється [1]. Людство отримує енергію та воду, але природа навколо нас зазвичай розплачується за це.

Гідротехнічне будівництво відіграє ключову роль у забезпеченні сталого розвитку територій, оскільки дозволяє регулювати водні ресурси, підвищувати ефективність сільського господарства, забезпечувати виробництво електроенергії та захист населених пунктів від підтоплення. Сучасний підхід до проектування гідротехнічних споруд базується на поєднанні інженерних рішень, технологічних інновацій і врахуванні природних процесів водних екосистем.

Річкові системи розглядаються не лише як джерело води, а як складні гідрологічні об'єкти з динамічними режимами стоку, транспорту наносів та взаємодією з прилеглими територіями. При проектуванні дамб, каналів і водосховищ враховуються режими паводків, сезонні коливання рівнів води та баланс насосів. Для мінімізації негативного впливу застосовуються конструктивні рішення, що забезпечують пропуск твердого стоку (шлюзи, донні водоспуски), а також регулювання витрат води відповідно до природного гідрологічного циклу.

Навіть при будівництві малих гідроспоруд передбачається врахування екологічної прохідності річок, що дозволяє зберігати біорізноманіття та функціонування водних екосистем. Важливим напрямом є впровадження рибопропускних споруд, таких як рибопідйомники та рибні сходи, що забезпечують вільну міграцію водних організмів крізь гідротехнічні бар'єри.

У сфері гідроенергетики сучасні технології спрямовані на посилення екологічної безпеки. Під час створення водосховищ здійснюється оцінка впливу на довкілля, зокрема аналізується потенціал утворення парникових газів унаслідок розкладання органіки. Для підтримки якості води застосовуються інженерні методи аерації, оптимізації температурного режиму та регулювання

рівня розчиненого кисню. З огляду на кліматичні зміни, питання надійності та безпеки гідротехнічних споруд набуває особливої актуальності.

Сучасні проекти базуються на розрахунках екстремальних гідрологічних навантажень, реконструкції та модернізації наявних дамб, а також впровадженні систем моніторингу технічного стану об'єктів. Використання автоматизованих засобів контролю забезпечує своєчасне виявлення деформацій, фільтраційних процесів та інших загрозливих явищ.

Ключовим технологічним вектором є впровадження цифрових моделей та систем «цифровий двійник», які дозволяють моделювати роботу гідротехнічних споруд за різних сценаріїв. Це дає змогу оптимізувати режими експлуатації, прогнозувати наслідки паводків і посух, а також ухвалювати ефективні управлінські рішення без втручання в реальну систему [2].

Сьогодні в сучасному гідротехнічному будівництві все частіше застосовують природо-орієнтовані методи. Зокрема, йдеться про відновлення заплаव, облаштування регульованих водно-болотних угідь та створення прибережних буферних зон. Ці підходи дають змогу розвантажити інженерні об'єкти та підвищити їхню продуктивність завдяки використанню природних механізмів регулювання водного стоку.

Окрім технічних аспектів, надзвичайно важливим є раціональне управління водними ресурсами, зокрема в межах транскордонних басейнів річок. При проектуванні гідротехнічних споруд слід враховувати інтереси різних регіонів, забезпечуючи справедливий розподіл води та попереджаючи її дефіцит у територіях, розташованих нижче за течією.

Тож, ключовим завданням є розбудова ефективних, безпечних і екологічно сталих систем, здатних задовольняти потреби суспільства за умови збереження природного потенціалу водних об'єктів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. The Impact of Hydraulic Structures on ecological balance and assessment methods [Електронний ресурс] // American Journal of Pedagogical and Educational Research. – 2025. – Vol. 37. – P. 9–13. – Режим доступу: <https://americanjournal.org/index.php/ajper/article/view/3032>
2. Zhang X., Fang C., Wang Y., Lou X., Su Y., Huang D. Review of effects of dam construction on the ecosystems of river estuary and nearby marine areas [Електронний ресурс] // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, № 10. – Article 5974. – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/su14105974>

УДК 622.28:624.04

Тимченко О. М., аспірант гр. 131А-23-1

Науковий керівник: Гапеев С. М., д.т.н., професор кафедри БГТГМ

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро,
Україна

ОЦІНКА ВПЛИВУ РОЗТАШУВАННЯ МІЖРАМНИХ СТЯЖОК НА СТІЙКІСТЬ РАМ МЕТАЛЕВОГО КРІПЛЕННЯ ПРОТЯЖНИХ ВИРОБОК

Металеве кріплення протяжних виробок складається з окремих рам, які встановлені з певним кроком уздовж гірничої виробки. Одним із важливих елементів кріплення є міжрамні стяжки, призначення яких є подвійним. З одного боку, цей елемент забезпечує просторову стійкість всієї системи в цілому, зв'язуючи всі рами у єдину взаємопов'язану конструкцію. З іншого боку, призначення міжрамних стяжок полягає у забезпеченні загальної стійкості рами, збереженні її у вертикальній площині при проєктних навантаженнях. У зв'язку із цим постає важливе питання – чи знаходяться місця встановлення стяжок у таких позиціях, які забезпечать виконання призначення цього елемента?

Пошук оптимальних місць розташування міжрамних стяжок здійснювався шляхом чисельного моделювання рами кріплення в середовищі ПК ANSYS. Розглядається рама КШПУМ-20,3 зі сталі Ст5ПС із замком ЗПКм зі сталі Ст3. Конструкція рами в моделі відповідає технічним паспортам кріплення капітальних виробок. Загальний вигляд моделі рами представлено на рис. 1. Міжрамні стяжки в моделях конструктивно відповідали прийнятим на виробництві.



Рис. 1 – Просторова розрахункова схема (у середовищі розрахункового комплексу ANSYS Workbench) 3-ланкового шатрового піддатливого кріплення КШПУМ-20,3

Відповідно до типового паспорта кріплення, міжрамні стяжки встановлювалися в моделі в тих місцях, що відповідають існуючому положенню.

Аналіз поведінки рам металевого кріплення на чисельних моделях показав, що при різних навантаженнях, які діють у вертикальній площині (у площині рами), а також при різних конструктивних характеристиках (довжина нахлесту верхняк-стійка, кількість хомутів, марка сталі тощо) – деформації рами не виходять за межі площини рами, тобто міжрамні стяжки в таких ситуаціях не потрібні, деформацій «за межі площини рами» не виникає. Проте така закономірність спостерігається тому, що чисельний експеримент проводиться для ідеальної за геометрією конструкції, а навантаження задається строго в площині рами.

На стійкість рами «поза площиною» впливають початкові недосконалості: дефекти монтажу рами, відхилення її від вертикалі під час монтажу під дією вертикального навантаження тощо. У цих умовах в елементах рами з'являються зусилля, що прагнуть деформувати раму в напрямку «з площини дії навантаження», що в кінцевому рахунку призводить до втрати стійкості форми рами та формування деформації в її елементах аж до повної втрати несучої здатності конструкції.

З огляду на призначення стяжок, доцільним видається визначення форми втрати стійкості рами, оскільки це дозволить визначити по периметру конструкції ділянки, де виникають максимальні величини зміщень у напрямку «з площини». Ці ділянки визначатимуть зони, в яких наявність поздовжніх зв'язків (стяжок) буде необхідною умовою існування працездатної вантажонесучої конструкції.

Для отримання форми втрати стійкості було створено модель одиничної рами, якій надавали початкові недосконалості для формування умов навантаження, що призводять до втрати її стійкості. До таких недосконалостей належали допустимі відхилення під час монтажу рами (гіпотетична нерівномірність нахлестів верхнього поясу на стійках), величина яких приймалася в межах допусків для монтажу сталевих конструкцій згідно із СНиП III-B.5-62* «Металеві конструкції. Правила виготовлення, монтажу та приймання» (допустимі відхилення в розмірах сталевих конструкцій), а також застосовувалося горизонтальне навантаження. Даний вектор навантаження приймався з міркувань того, що, згідно з регламентом, рама повинна встановлюватися по нормалі до напластування, яке в розглянутих умовах розташоване з кутом падіння 5° , а навантаження від гірського тиску діє на раму вертикально, що призводить до появи горизонтальної складової навантажень, яка прагне вивести раму з площини дії вертикального навантаження.

Аналіз моделі з допустимими дефектами та недоліками монтажу показав форму втрати стійкості рами, представлену на рис. 2. На цій схемі показано місця максимальних деформацій рами з площини, які розташовані у верхній

частині рами на висоті « H », а також на відстані $(0,5-0,6)H$ (див. рис. 3). Ці точки можна розглядати як такі, в яких обов'язково слід встановлювати поздовжні зв'язки для збереження стійкості рами в напрямку «з площини».

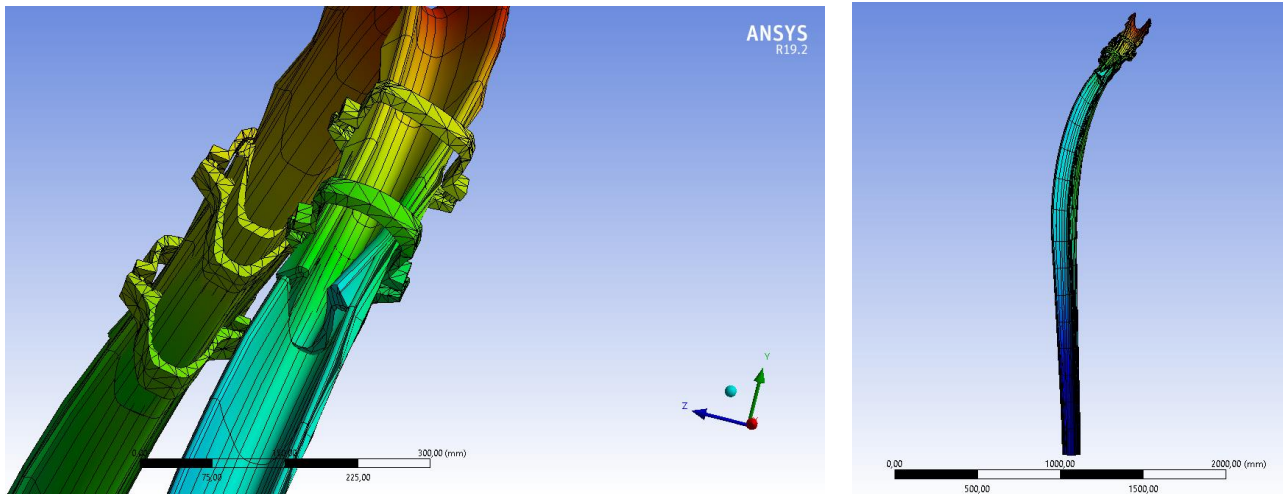


Рис. 2 – Форма втрати стійкості одинарної рами без зв'язків із припустимими недосконаlostями

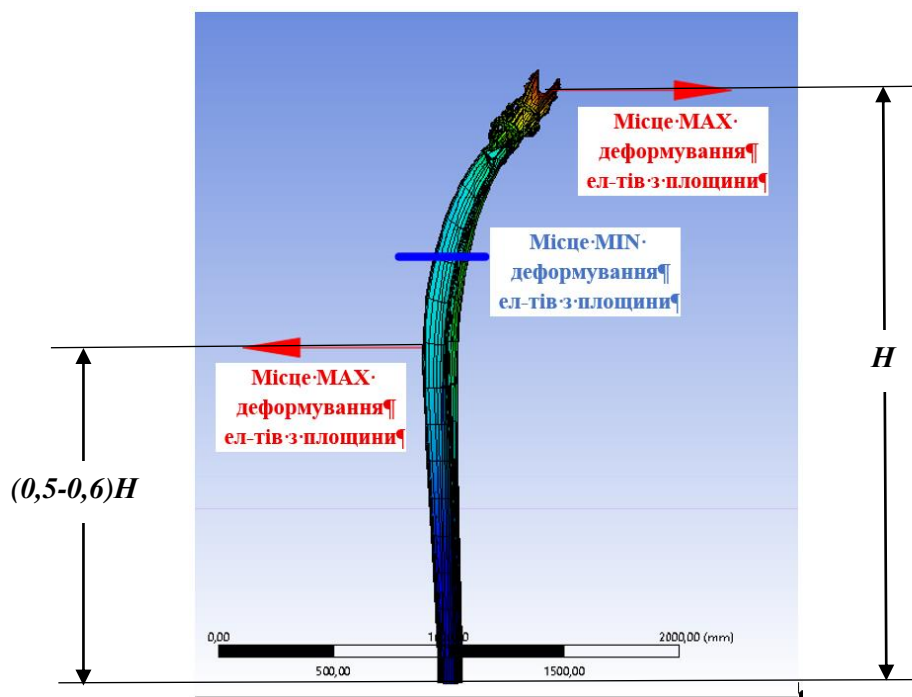


Рис. 3 – Місця максимальних деформацій у площині рами

Отже, визначені на моделі місця максимальних зміщень елементів рами у напрямку «з площини» дозволяють зробити висновок про те, що мінімально необхідною кількістю горизонтальних в'язей для рами кріплення є три. Розташування першої в'язі – у верхній точці рами (по її вертикальній осі) та на висоті стійок рами на зазначеній вище висоті (див. рис. 3).

За умови, що мова йде про рами кріплення КШПУм-20,3, то згідно з типовим паспортом (див. рис. 4), конструктивна висота такої рами в світлі до осідання становить 4,5 м. Тоді висота положення необхідних в'язей повинна бути від подошви виробки:

$$(0,5 \div 0,6)H = (0,5 \div 0,6) \cdot 4,5 \text{ м} = 2,25 \div 2,7 \text{ (м)}.$$

Враховуючи, що згідно з типовим паспортом кріплення на КШПУм-20,3 найнижча міжрамна стяжка встановлюється на висоті 2,0 м від подошви. Таке її розташування фактично відповідає логіці отриманих результатів моделювання і вказує на те, що мінімально необхідною кількістю горизонтальних в'язей для рами кріплення є три міжрамні стяжки (одна – в замку верхняка, дві інші – на стійках рами на висоті мінімум 2,0 м, а згідно результатам моделювання – в діапазоні від 2,25 м до 2,7 м).

Однак означене розташування горизонтальних в'язей вказує лише на мінімально необхідну їх кількість і дозволяє стверджувати, що така конструкція здатна протистояти навантаженням «з площини». Але це не означає, що така кількість в'язей є достатньою або оптимальною, оскільки результати розрахунків, представлені на рис. 2, отримані суто з точки зору механіки конструкції і не враховують технологічних особливостей, наприклад, вимогу щодо збереження працездатності елементів замка під навантаженням. Аналіз характеру зміщень у разі втрати стійкості рами (див. рис. 3) вказує на те, що в цьому випадку ділянка рами, на якій розташований замок, зазнаватиме значних деформацій, що, безумовно, вплине і на працездатність замка. Іншими словами, три стяжки – **необхідна, але недостатня** умова для стійкої роботи конструкції, якщо брати до уваги також і технологічний аспект.

Отже, аналіз результатів моделювання показує наступне:

а) встановлено форму втрати стійкості рами кріплення під дією на неї навантажень «з площини» та визначено зони максимальних і мінімальних зміщень елементів рами «з площини», що знаходяться у зведенні рами по її осі та на висоті $(0,5-0,6)H$, де H – висота рами. Виходячи з розмірів рами КШПУм-20,3, положення зони максимальних зміщень елементів рами (стійки) у напрямку «з площини» відповідає висоті 2,25–2,7 м;

б) форма втрати стійкості одиночної рами матиме постійний вигляд при незмінній схемі навантаження (розрахунковій схемі) навіть при зміні елементів конструкції рами (величина нахлесту в замку, кількість хомутів у замку, форма профілю елементів рами, матеріал елементів рами);

в) мінімально необхідна кількість в'язей для забезпечення поздовжньої жорсткості кріплення відповідає трьом – одна у склепінні по осі виробки та пара по бортах виробки на висоті 2,25–2,7 м;

г) поточна установка міжрамних стяжок не суперечить отриманій мінімально необхідній їх кількості;

д) якщо брати до уваги також і технологічний аспект, то три міжрамні стяжки – необхідна, але недостатня умова для стійкої роботи конструкції.

УДК 624:004.9

Olishevskaya S. O., PhD, Associate Professor of the Department of Construction, Geotechnics and Geomechanics

Ivanova H. P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Geotechnics and Geomechanics

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

SMART TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION AND THE FEATURES OF THEIR CURRENT DEVELOPMENT

In the context of the ongoing digitalization of the economy, the construction industry is undergoing significant transformations associated with the implementation of smart technologies. The use of intelligent solutions is aimed at improving the efficiency of design, construction, and operation of buildings and structures, as well as ensuring their energy efficiency, safety, and durability.

Smart technologies in construction are understood as a set of digital, information and communication, and automated solutions that enable the integration of data, processes, and engineering systems throughout all stages of a facility's life cycle [1].

The main components of such technologies include:

- Building Information Modeling (BIM),
- Internet of Things (IoT),
- Building Management Systems (BMS),
- Big Data,
- Elements of Artificial Intelligence.

One of the key tools of digitalization is Building Information Modeling, which allows for the creation of digital models of facilities, taking into account their geometric, physical, and operational characteristics. BIM ensures coordination among project participants, reduces the number of errors at the design stage, and improves the accuracy of resource planning and construction scheduling.

The IoT plays an important role in the development of smart construction by enabling interaction between technical devices and systems through real-time data collection and transmission. The use of sensor networks allows for monitoring structural parameters, indoor environmental conditions, and engineering systems, thereby creating the prerequisites for predictive maintenance and timely detection of defects [1].

The application of Building Management Systems facilitates the integration of engineering networks such as heating, ventilation, and air conditioning, lighting, energy supply, and security systems. This enables the optimization of equipment operation modes, reduction of energy consumption, and improvement of user comfort. The implementation of such systems complies with modern requirements for

building energy efficiency, particularly European approaches to assessing energy performance [2].

A perspective direction is the use of Big Data and artificial intelligence technologies for analyzing information obtained from various sources. This makes it possible to predict the technical condition of buildings, optimize management processes, and support informed engineering decision-making. In particular, machine learning algorithms can be applied to analyze the behavior of structures under load, assess damage risks, and enhance the operational reliability of facilities.

Special attention should be paid to the application of smart technologies at the construction stage. The use of automated control systems, unmanned aerial vehicles (drones), and robotic systems makes it possible to improve the accuracy of construction works, reduce the influence of the human factor, and enhance quality control. In addition, digital platforms ensure effective coordination among participants in the construction process [3].

Along with the advantages of implementing smart technologies, there are certain limitations. These include high implementation costs, the need to integrate heterogeneous systems, as well as issues of standardization and equipment compatibility. An important aspect is ensuring cybersecurity, as the growing number of connected devices increases the risks of unauthorized access to control systems.

Thus, smart technologies are an important driver of modern construction development, ensuring more efficient use of resources, improved quality of construction works, and enhanced safety and comfort in the operation of facilities.

Further development in this area is associated with the improvement of digital platforms, the expansion of artificial intelligence applications, and the establishment of unified standards for the integration of technological solutions.

LIST OF REFERENCES

1. IoT у будівництві: датчики контролю конструкцій / stroytech.com.ua. – URL: <https://stroytech.com.ua/iot-u-budivnyctvi-datchyky-kontrolyu-konstrukcij/>
2. Smart building technology / Halodetect.com. – URL: <https://halodetect.com/uk/blog/smart-building-technology/>
3. Ходак В., Русин-Гриник Р., Федина Я. Принципи розвитку SMART-технологій в управлінні будівельним бізнесом / В. Ходак, Р. Русин-Гриник, Я. Федина // *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. – 2024. – № 19. – С. 122–127. – DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2024.19.15>

Наукове видання

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
МАТЕРІАЛИ 19-Ї ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ УЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ
(Українською мовою)**

Доповіді подано в редакції авторів.

Відповідальний за випуск С.М. Гапєєв.

Комп'ютерна верстка С.О. Олішевська.

Підготовлено у НТУ «Дніпровська політехніка».

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842. від 11.06.2004
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.