

DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.32-46

УДК 72.01:691-4

к.т.н., доцент **Голик Й.М.**,
g.jolana@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5135-0711,
Багрій Н.Ю., bagrij.n@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4477-8239,
Вантюх Д.Е., dianavantuukh@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6096-7016,
Ужгородський національний університет

МАТЕРІАЛ І АРХІТЕКТУРНА ФОРМА: СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ

Суть творчості архітектора – пошук форми, її розвиток і вдосконалення. Архітектурна форма залежить від конструкцій і матеріалу, водночас матеріал є інструментом впливу на архітектуру, конструкції, функціональні та естетичні якості будівлі. Конструктивні матеріали, їх елементи та системи визначають можливості архітектурного формотворення. Такі традиційні класичні матеріали як дерево, камінь, цегла, бетон, метал і скло є не лише сировинною і матеріальною базою класичної архітектурної форми, вони складають більшу частину сучасних формотворчих ресурсів. Водночас, поява інноваційних матеріалів та технік у будівництві створюють перспективи зведення архітектурних форм майбутнього, які є відображенням прогресу і благополуччя суспільства.

Ключові слова: будівельні матеріали; архітектурна форма; конструкції; наноматеріали.

Актуальність теми і постановка проблеми. Однією з актуальних комплексних проблем архітектурної творчості і будівельної практики є залежність архітектурних форм від можливостей матеріального забезпечення – будівельного виробництва. Архітектурна форма – це єдність конструктивних рішень з художньою виразністю, яка забезпечується тектонікою [5]. Розуміння можливих взаємозв'язків архітектурної форми та матеріалів, з яких вона створена, дозволяє більш повно використовувати всі наявні засоби архітектури, сприяє розвитку сучасних технологій і пошуку нових матеріалів [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Різновиди архітектурного формотворення і його взаємозв'язку з матеріалом досліджували багато відомих закордонних майстрів та дослідників архітектурної творчості. Можливості сучасного використання традиційних природних будівельних матеріалів відображені у працях Atiyat D. (2015); Shubbar AA (2019 p.); Буравченко С.Г. і співавт. (2021 p.); Dobrescu L A (2021); Дворкіна Л.Й. (2022 p.); Akiner ME і співавт. (2022 p.); Almssad A (2022 p.); Серед вчених, які займалися вивченням

різноманіття й властивостей сучасних будівельних матеріалів та характеристик зведених з них архітектурних споруд, у статті представлені дослідження Januskiewicz K., Paszkowska N.E. (2015 p.); Macieira M. (2019 p.); Chahour K. (2017 p.); Abyzov V.A. І співавт. (2020 p.); Bourbia S. (2023 p.); Голик Й.М. і співавт. (2023 p.); Keong C. (2023 p.).

Мета статті полягає у висвітленні взаємозв'язку будівельних матеріалів з архітектурною формою та дослідженні перспектив впливу сучасних будівельних матеріалів на архітектурний образ будівельного об'єкту в майбутньому.

Виклад основного матеріалу. Важливою умовою архітектурної діяльності є ідея пошуку форми, яка відображає погляд архітектора на культурні та технічні виклики цивілізації. Ще з часів античної філософії існує поняття «ейдос» – вид, образ, сутність, які в процесі реалізації творчого задуму архітектора трансформуються з «ідеї» в матерію у вигляді будівель [5]. І якщо архітектурна ідея є ядром творчого задуму, то матеріал слугує одним з інструментів її реалізації. В архітектурних просторах, наповнених елементами, які взаємодіють з людиною, саме матеріал визначає форму, виходячи за межі функціональних і естетичних якостей. Причому розвиток технологій зумовлює зміну архітектурних форм: геометрію прямого кута витісняє геометрія кривої, зникають традиційні засоби композиції – тектоніка, ритм, пропорції [1].

Архітектурна форма – це організація простору і матеріальних структур будівлі чи споруди, яка забезпечує необхідні фізичні якості оточення та відображає особливості їх конструктивної основи [1]. До початку минулого століття в архітектурній формі домінувала статика, тому будівельники використовували переважно ті матеріали, які витримували значні навантаження на стиск, що забезпечувало довговічність таких будівель. Розвиток науки і техніки сприяв появі нових, стійких до згину і розтягу будівельних матеріалів, що дало можливість створювати більш динамічні архітектурні структури. Особливо яскраво пластичні експерименти з формою проявились в дигітальній архітектурі, що дало підстави назвати її «цифровим бароко» [13].

Згідно з визначенням, будівельні матеріали – це природні та штучні речовини, які застосовують у будівництві для зведення і опорядження будівель та споруд безпосередньо або як попередньо виготовлені будівельні вироби та будівельні конструкції. Загальноприйнятим є поділ будматеріалів на:

- природні – камінь (граніт, пісковик, вапняк, мармур, ракушняк тощо), ґрунт (пісок, глина тощо), деревина (хвойні та листяні породи);
- штучні – цемент, вапно, гіпс, бітум, синтетичні смоли і виготовлені на їхній основі бетон, кераміка, перліт, асфальт, барвники та інші [3].

Камінь – природний матеріал, який використовують в будівництві завдяки поширеності, доступності і надійності. Передусім, значна частина будівельного каменю використовується для виготовлення щебню і бутового каменю як заповнювачів бетону. Фізико-технічні характеристики каменю забезпечують довговічність конструкцій, збереження форми тривалий час. Тому більшість історичних будівель непогано збереглися саме завдяки кам'яним фундаментам і стінам [9]. Крім відомих грецьких, римських будівель та оборонних споруд, слід згадати особливі житлові башти з каменю: «кула» в Румунії, «галуани» в Осетії, «цихе-сахлі» в Грузії, «торре» на Корсиці, «нураги» на Сардинії.

Натуральна краса каменю сприяє тому, що зведені з нього будівлі в природному середовищі гармонійно вписуються в ландшафт. Багато відомих архітекторів використовували камінь у своїх роботах [9]. Так американець Френк Ллойд Райт, засновник «органічної архітектури», запровадив у будівництво кладку з грубо сколотих кам'яних блоків на тонкому шарі цементного розчину («бетон пустелі»). Швейцарський архітектор Петер Цумтор запроєктував термальні бані спа-комплексу у гірському поселенні Вальс із кварцитових плит, видобутих в місцевих кар'єрах, які нагадують природний ландшафт. А в японському місті Токородзава архітектор Кенго Кума, використовуючи принцип «запозиченого пейзажу», запроєктував Музей аніме у формі скелі з піксельним фасадом на основі гранітних плит.

Особлива кам'яна порода – сланець, міцний та стійкий до дії вологи. Плитки зі сланцю використовують для влаштування покрівель, підлог, фасадів, мощення доріг, ландшафтних елементів. Однак, цей матеріал має свої недоліки – вартість та значну вагу, що вимагає використання посиленних несучих конструкцій. Зі сланцю збудовані покриття дахів Букінгемського палацу і резиденції прем'єр-міністра в Лондоні, Луврського палацу в Парижі. В столиці Уельсу Кардіфі збудовано комплекс урядових будівель, облицьованих сланцем різних кольорів. В поєднанні зі сланцевою бруківкою ці будівлі є гармонійною складовою історичного архітектурного середовища.

Мармур – «храмовий камінь поза часом», з якого збудовано багато відомих будівель: німецький павільйон в Барселоні за проектом Міс ван дер Рое; міські ворота Валетти з місцевого мармуру жовтого відтінку; фасади штаб-квартири будівельної компанії «Venus» в передмісті Афін; салон Olivetti у Венеції, запроєктований Карло Скарпа. Однак, сучасні архітектори, через вартість і недостатню міцність, використовують мармур як оздоблювальний матеріал [9].

Глина – осадова гірська порода. Дослідники вважають, що глина є навіть більш давнім будівельним матеріалом, ніж камінь. Глиняною архітектурою з цегли-сирцю знамените м. Шибам в Ємені, збереглись глинобитні фортеці й в Ірані. Кожне стародавнє перське місто оточували глинобитні мури. В Африці

на території Малі знаходиться унікальний глинобитний релігійний комплекс Джингербер, в Марокко – укріплене місто Айт-Бен-Хадду. В Іспанії будинки з глини називають «барракос», у Франції – «*rise de terre*», в країнах північної Європи – «торфбайр». Поширені були такі хатини і в українських селах.

На сучасному етапі глину з різними добавками (рослинними, мінеральними і синтетичними волокнами, піском, вапном, портландцементом, рідким склом, крейдою) використовують для виготовлення сирцевої цегли, глинобетону, фібробетону [6]. Подібні матеріали застосовують переважно для малоповерхових будівель екологічного спрямування шляхом формування монолітних стін з грудок вологої глиняної суміші в опалубці з трамбуванням і наступним вирівнюванням поверхні. На жаль, без додаткового посилення і захисту від вологи подібні глиняні конструкції є уразливими до кліматичних факторів [16]. У зв'язку з цим американський інженер Мерор Крайєнхофф запатентував технологію SIREWALL для монолітних стін з мішків, наповнених глино-кам'яною сумішшю, та армованих колючим дротом. Цікавим прикладом застосування глини є Центр дитячої хірургії в Уганді, стіни якого виконані з утрамбованої глини з додаванням піску, гравію і в'язучих.

Деревина – доступний, міцний, екологічний, універсальний і єдиний поновлюваний місцевий будівельний матеріал, який використовують як для несучих конструкцій, так і для оздоблення. Традиційній дерев'яній архітектурі притаманна проста геометрія форм з прямими лініями і кутами [3].

Сучасні архітектори навчилися створювати дерев'яні конструкції плавних обрисів, з м'якими округлими контурами екстер'єрів та інтер'єрів, підкреслених текстурою цього унікального матеріалу [7]. Зокрема, в Каліфорнії, США, відомим є ангар для літаків, перекритий дерев'яним параболічним склепінням із клеєних конструкцій величезного розміру: довжиною 327,9м, шириною 90,6 м, висотою 52,2 м. Надзвичайно творчо використав деревину угорський архітектор Імре Маковец в павільйоні на виставці Експо-92 в Севільї, у церкві в м. Пакш, палаці культури в Шарошпотоці. Запроектований в Стокгольмі студією Бьярке Інгельса 9-ти поверховий житловий комплекс 798&Park відомий збірними дерев'яними модулями, облицьованими панелями з кедр. Пластичні можливості дерев'яної архітектури на прикладі павільйонів були продемонстровані архітектурними студіями Ramboll та WoodLab, які використали для цього цифрове проектування. Відома на весь світ своїми криволінійними фасадами «Каплиця Тиші» (Фінляндія) повністю виконана з деревини: каркас, фасади – з фрезерованих ялинових горизонтальних рейок, внутрішні стіни – з чорної вільхи, меблі – з ясеню. Причому всі дерев'яні поверхні покриті воском з використанням нанотехнологій.

Ландшафтні архітектори в своїх об'єктах широко використовують вуличні настили і паркові меблі з деревини, обробленої атмосферостійкими речовинами, а також з використанням японської технології «рівномірного обпалювання». Цікавим напрямком використання деревини є арбоархітектура або ботанічна архітектура, яка використовує крупномірні швидкоростучі рослини без переривання їх життєвого циклу як каркас будівель. Зокрема, архітектор Джуліано Маурі в м. Бергамо збудував живий храм з граба. Напрямок мікоархітектура передбачає використання відходів деревини і грибною культури для виробництва біорозкладних будівельних матеріалів.

На сучасному етапі все більшого поширення набирає застосування наноматеріалів [2, 6]. Будова деревного волокна дозволяє вводити в його структуру наночастки гідрофобних полімерів, що суттєво покращує якості матеріалу, забезпечуючи його самостерилізацію і самовідновлення. Імпрегнування захищає деревину від дії біологічних та атмосферних факторів, тоді як нагрівання до 240⁰С суттєво покращує фізико-технічні характеристики деревини, яка стає твердішою, стійкою до дії вогню, гниття і шкідників. Досліджено, що деревина, оброблена з'єднаннями полісахаридів з нерозчинними наночастинками срібла і золота, суттєво покращує вогнезахисні та біостійкі характеристики, тоді як додавання метилметакрилату робить її частково прозорою. З деревного волокна ясеня, кедру, модрина, сосни, ялини виготовляють сучасні плити ДСП, OSB, багатошарові панелі, ламінат. Водночас, використання клеєних дерев'яних конструкцій дозволяє виготовляти конструкції для великопротітних споруд [7].

Штучні будівельні матеріали такі як бетон, скло і сталь, при виробництві потребують великої кількості енергії і залишають колосальний вуглецевий слід: 43% викидів дає виробництво цементу, 25% – металу, 24% – скла, тому сучасні архітектори прагнуть, по можливості, скоротити їх використання, або користуватися пластифікаторами, пуцолановими матеріалами (цеолітом) тощо для покращення їх будівельних та екологічних характеристик [6, 10].

Бетон і залізобетон залишаються найбільш поширеними штучними будівельними матеріалами. *Бетон* – штучний камінь з піску та в'язучого, який використовували ще в античні часи. Сирий необроблений бетон або «beton brut» дав назву окремому напрямку в архітектурі, його використовували модерністи як «чесний» матеріал. Сучасний бетон є символом пластичності, стабільності і витривалості [10]. Поява ж *залізобетону* стала технологічною революцією і визначила його як безальтернативний конструкційний матеріал для зведення більшості будівель та інженерних споруд. Армування різними видами металевих і неметалевих волокон та їх комбінацій збільшило міцність на стиск і розтяг, покращило зносо- та ударостійкість. Додаток вуглецевих

нанотрубок і оксиду кремнію значно покращує міцнісні характеристики бетону [2]. Світлопрозорий бетон «літракон» з добавкою мікроскопічних часток оптичного волокна дозволяє зводити як конструктивні так і огорожувальні конструкції.

Сучасний бетон – це легкий матеріал зі спученої глини, який швидко затвердіває, армований волокном з оксиду алюмінію, самоущільнюючий, самовідновний, вологостійкий з силікатно-вуглецевими заповнювачами, вуглецево-негативний з використанням біоцементу на основі морських водоростей, архітектурний з різними добавками, які забезпечують якісну фінішну поверхню, торкретбетон для зовнішнього оздоблювального шару. Британські вчені навіть розробили рецептуру вдвічі міцнішого бетону для будівництва на Місяці, змішуючи реголіт з крохмалем [12].

Бетон використовують і в якості декоративних оздоблювальних виробів: фасадних панелей з цементно-скляного і цементно-кам'яного композиту, базальтового фібробетону, 3D панелей в навісних фасадних системах. Бетон дозволяє створювати пластичні комбінації, легко перетворюючись на елемент скульптури. Добре відлитий бетон є ознакою будівельної віртуозності [12].

Популяризації залізобетону сприяла творчість Огюста Перре – творця храму Богоматері в Ле-Ренсі із залізобетону; Робера Майара, будівничого мостів в швейцарських Альпах; Кендзо Танге, автора спортивного комплексу Йойоґі в Токіо. Переважно залізобетон використовували в своїх творах Оскар Німейер, Паулу Мендес да Роша, Ріно Тамі, Йорн Уотсон, Ле Корбюзьє, Фелікс Кандела, Готфрід Бем, Вальтер Марія Фердерер, Валеріо Ольджаті. Нехарактерні для творчості Ле Корбюзьє криволінійні обриси капели в Роншані – церкви Нотр Дам дю О, дивують пластикою і грою світла. Швейцарський архітектор Валеріо Ольджаті запроектував будинок, в якому всі конструкції і меблі виконані з бетону. В м. Хайкоу, КНР, збудована бібліотека сюрреалістичних форм з архітектурного бетону, які нагадують обкатане морське каміння. В будівлі автомобільного концерну BMW у Лейпцигу за проектом архітекторки Заха Хадід використано прозорий бетон «літракон», який створює цікавий ефект при освітленні.

На сучасному етапі все більше обертів набирає захоплення 3D моделюванням, де бетон також є основним матеріалом, до якого додають наповнювач, мінеральні добавки, регулятори застигання, фібру [12]. Так, компанія WASP з подібного матеріалу надрукувала шоу-рум Dior з рекламною метою.

Кераміка – це матеріали і вироби, що одержують шляхом спікання глин та їх сумішей з різними мінеральними добавками до каменеподібного стану. В будівництві використовують сотні видів керамічних виробів: стінових,

облицювальних, покрівельних. Найбільш поширеним виробом з кераміки є *цегла*. Керамічну цеглу з давніх часів використовували як конструкційний і облицювальний матеріал, «цегляний стиль» був поширений на різних материках завдяки доступності, екологічності, економічності і надійності.

Існує сучасна цегла різних видів: стандартна, у вигляді блоків, повнотіла, перфорована, червона, силікатна, піщана, клінкерна, вогнестійка, акустична, колота. Особливим видом є ригельна цегла, довжина якої може досягати 1м. Модифікована цегла з добавками опал-кристобалітових порід, опок, мікрокремнезему, глієжу, алюмомагнезійної сировини має підвищену вологостійкість, морозостійкість і зносостійкість [8].

Цегла – матеріал, який поєднує конструкційні та декоративні якості. Сучасна архітектура використовує природні властивості «голої» цегляної кладки, фактуру і кольорову палітру теракоти, створює «піксельний» ефект поверхонь. Застосування при цьому допоміжних металевих каркасів дозволяє будувати різноманітні геометричні комбінації [8].

Архітектори у всі часи творчо використовували пластичні особливості цегли. Історичні будівлі вікторіанської епохи, сучасні інтер'єри в стилі «лофт» максимально повно представлені цим матеріалом. Дуже часто виробники кераміки, рекламуючи свій виріб, зводять цілі комплекси, комбінуючи різні види матеріалу і кладки [8]. Так, на фасаді власного літнього будинку на о. Мууратсало архітектор Алвар Аалто використав більше 50 видів цегли і кладки. Уругвайський інженер Еладіо Дієсте збудував з армованої цегляної кладки унікальні за формою будівлі і споруди, в тому числі церкву з криволінійними стінами і дахом, з дзвіницею та підземним баптистерієм. Стіни, підлоги і сходи художнього музею Red Brich Art Museum в Пекіні за проектом Донг Югана виконані з червоної цегли. В країнах з жарким кліматом цеглу використовують також як елемент навісних стін, створюючи ефектні ажурні фасади, що працюють як сонцезахист (цегляні екрани на будівлі офісу Nitra в Тегерані).

Черепиця – традиційний покрівельний матеріал, який виготовляють з кераміки. Особливим її різновидом є сучасна фотоелектрична черепиця з системою тонкопліткових сонячних елементів, що дозволяє виробляти сонячну енергію за рахунок використання вбудованих фотомодулів.

Для оздоблення інтер'єрів і екстер'єрів широко використовують *облицювальну плитку* з глазурованої кераміки. Особливими видами керамічного декору є «заллідж» (марокканська мозаїка), «азулежу» (португальський кахель) і «тренкадіс» або «ламана мозаїка» з фрагментів кераміки і скла. Творчість архітекторів Антоніо Гауді, Жузепа Марії Жужой, Фріденрайха Хундертвассера, Едена Лехнера відрізняє широке використання подібних

матеріалів. В Барселоні – це парк Гуель і дім Міла, у Відні – Дім мистецтв, в Будапешті – інститут геології та церква Св. Ласло.

Скло і вироби із скла – надзвичайно важливі будівельні матеріали. Історія скляного виробництва сягає часів культур давнього Єгипту та Месопотамії, але як будівельний матеріал його використовують лише кілька століть. Скло відоме як основний матеріал для заповнення вікон і виготовлення скляних панелей стін [3]. Пошук нових технологій впливав на можливість виготовляти листи значних розмірів і заданих характеристик [6]. Максимальний розмір сучасного віконного скла 1600x2200 мм, багат шарового скла «триплекс», флоат-скла «джамбо» або ламінованого – 6000x3210 мм.

Вдосконалювався також склад скла. Сучасне віконне скло містить оксиди кремнію, алюмінію, магнію, кальцію, натрію, заліза і сірки, спеціальне захисне скло – оксиди кремнію, свинцю і калію. Завдяки добавкам можна змінити характеристики скла, яке може бути молірованим (гнутим), загартованим, вандалостійким, ударостійким, куленепробивним, армованим, високоселективним тощо [6]. Електрохромне смарт-скло змінює оптичні якості – матовість, здатність пропускати електромагнітні хвилі, прозорість при зміні температури або при поданні електричної енергії. Виготовляють також скло для фотоелектричних панелей. Із скла виготовляють елементи, які імітують черепицю і призначені для освітлення горіщних просторів. Скло, покрите плівкою з оксиду титану, здатне самоочищатися, що дуже важливо для скляних фасадів. Захисна плівка з оксиду кремнію підвищує стійкість скла до дії високих температур. Фіброскло використовують для армування бетону [11].

Архітектурне скло присутнє в багатьох сучасних будівлях: велика піраміда Лувра; подвійні скляні фасади штаб-квартири Департаменту охорони здоров'я в Більбао; скло з кольоровим керамічним покриттям на фасадах будівлі інституту Звуку і Зображення в нідерландському Хільверсумі.

Особливі вироби із скла – *склоблоки, скловолокно, піноскло*. Склоблоки – пустотілі скляні цеглини різних розмірів, кольору і товщин стінок, які використовують в навісних стінах, а також як світлові люки. Із склоблока швейцарського архітектора Гюстава Фальконьє, виготовленого видувним способом, виріб трансформувався в досконалий будівельний виріб для застосування в зовнішньому та внутрішньому опорядженні будівель. Його використовували в своїй творчості Ектор Гімар, творець знаменитих павільйонів входів в паризьке метро. «Скляний будинок», запроектований архітекторами П'єром Шаро і Бернаром Бейвудом, теж виконаний з склоблоків. В Нью-Йорку знаходиться, ймовірно, перший будинок зі скляних блоків, який розробив архітектор Уільям Лескейз. У Відні архітектор Отто Вагнер на початку минулого століття збудував поштовий ощадний банк, головний зал

якого перекритий скляними панелями. В Токіо за проектом італійського архітектора Ренцо Піано збудовано торговий дім «Гермес», фасади та інтер'єри якого зведені із скляних цеглин. В Чікаго, в Міленіум-парку встановлено відеоінсталяцію Краун Фонтейн іспанського художника Жауме Пленса з двох 15-и метрових башт з спеціального пресованого білого скла, на поверхні яких демонструються відеоматеріали. Навісні стіни з печатних скляних панелей з льодовими кристалами формують фасади центру зимового туризму в Сіньсяні.

Скловолокно – міцні, жорсткі, дешеві та хімічно стійкі волокна, які використовують для виготовлення композитних матеріалів (фіберглас, склотекстоліт) і склотканин. Композитні матеріали на основі скловолокна використовують в будівництві для виготовлення бетонних виробів, ізоляційних та оздоблювальних робіт. Піноскло або чарункове скло – ефективний теплоізоляційний, звукоізоляційний та конструкційний матеріал, який виготовляють у вигляді плит і гранул шляхом спікання скломаси. Якості піноскла – універсальність, довговічність, екологічність, біо- і пожежостійкість, роблять його незамінним при будівництві підземних споруд на складних виробництвах [11].

Метал в будівництві використовують як конструкційний, огорожувальний та оздоблювальний елемент, в т.ч. чорні метали – залізо і сталь, кольорові метали – алюміній, мідь, нікель, хром, кобальт, вольфрам, молібден, титан, ванадій [3, 6]. Металу властива конструктивна легкість, природна гармонія та пластичність. Насамперед, будівельний метал – це вуглецева сталь, яку використовують для виготовлення металевих каркасів будівель і споруд, труб, арматури; конструкційну леговану сталь – для армування залізобетону, зварних і фермових конструкцій [14]. Особливі види металу – пінометали, металобетони, металополімери і металокераміка. Пінометал має сітчасто-чарункову структуру, завдяки чому його використовують в протиударних конструкціях, для виготовлення акустичних і теплоізолюючих виробів. Металобетон – висотехнологічний матеріал на основі металевих в'язучих і мінеральних заповнювачів, використовується для виготовлення будівельних конструкцій. Металополімер – композитний матеріал з пластикової маси і металевих наповнювачів – волокон, порошоків, пластин. Використовується для виготовлення покриттів, касет, труб тощо. Металокераміку – результат спікання металу і кераміки, в будівництві використовують обмежено через високу вартість для невеликих за розмірами елементів [4].

Для оздоблення об'єктів архітектури використовують кортенівську і гальванізовану сталь, окислені мідні листи, поліровану чорну мідь, перфоровані, штамповані, литі, решітчасті панелі з анодованого алюмінію та

алюмінію з полімерним покриттям. Для підлог використовують ультра тонкі листи з нержавіючої сталі, гладкі та решітчасті [4].

Впізнаваною є давно відома спеціалістам-будівельникам конструкція із сталі – класична решітчаста ферма-балка бельгійського інженера Віренделя, яку традиційно використовують як мостову споруду або несучий елемент будівель. В будівлі Комерцбанку в Франкфурті-на-Майні, зведеної за проектом архітектора Нормана Фостера, багатоповерхові балки є елементами несучого металевих каркасу. При розробці проекту реконструкції стадіону «Олімпійський» в Києві архітектори Михайло Гречина і Майнхард Геркан використали ферму Віренделя як елемент даху. За допомогою аналогічних ферм американський архітектор Ерік Оуен Мосс запроєктував стометровий блок промислової будівлі Сеймітаур в Калвер-Сіті, піднявши його над існуючою дорогою на встановлених на круглих опорах [4].

Сучасне використання металу на фасадах ефектно підкреслює фактуру і особливість форм поверхонь [14]. До прикладу, в м. Рапперсвіл, Швейцарія, архітектурна студія MLZD Architects запроєктувала музейний комплекс, об'єднавши три середньовічні будівлі прибудовою з перфорованим фасадом бронзового кольору. Різні види металевих поверхонь в своїй творчості використовує британська архітекторка Фаршід Мусаві, наприклад, в будівлі музею в Клівленді. Перфоровані алюмінієві фасади застосували архітектори студії Сіно Зуччі в штаб квартири компанії Салема, в Больцано. На фасадах університету в Більбао архітектори використали панелі з оцинкованої перфорованої сталі. Водночас, музей Едварда Мунка в Осло оздоблено панелями з перфорованого алюмінію, тоді як фасади художнього музею Куму в Таллінні, облицьовані мідними панелями.

Архітектурні мембрани. Архітектурна тканина або мембрана – це новітній багатошаровий композитний матеріал на основі зміцнених поліефірних волокон або скловолокон, які покриваються шаром ПВХ (полівінілхлориду), РТФЕ (політетрафторетилену або тефлону), силіконом чи іншим синтетичним матеріалом, а також плівки ЕТФЕ (етилентетрафторетилен). Іноді архітектуру, в якій застосовані мембрани, називають текстильною. Мембрани використовують як покрівельні та фасадні матеріали, як частину каркасних, вантових і пневматичних конструкцій. Вони стійкі до атмосферних впливів та дії температур, самоочищаються, мають антибактеріальні властивості. Однією з найперших споруд з використанням цих матеріалів є Олімпійський плавальний басейн в Мюнхені. При цьому архітектор Отто Фрай використав для перекриття поліметилметакрилат, закріплений на сталевій сітці. Інший цікавий об'єкт – проект «Едем», сім оранжерей-біомів ботанічного саду в Корнуолі, розроблений архітектором Ніколасом Гріншоу у вигляді геодезичних куполів,

покритих структурою Вейра-Фелана, т. з. «ідеальною піною», яка складається з багат шарових чарунок із мембрани етилентетрафторетилену. Зовнішня оболонка олімпійської споруди «Водний куб» в Пекіні, виконана з ETFE і закріплена до несучого металевого каркасу будівлі [15].

Цікавим прикладом застосування різноманітних сучасних матеріалів для одного типу будівлі став розроблений японськими архітекторами проект з 17 громадських вбиралень, де використали найрізноманітніші матеріали – скло, яке змінює прозорість під дією струму; дерево різних порід; камінь природний та штучний; бетон; різні види металу. І хоча кожна із архітектурних форм особлива, однак, функція у них спільна [17].

Таким чином, широке впровадження сучасних матеріалів, а також традиційних, виготовлених за інноваційними технологіями, дозволить архітекторам адаптувати будівлі до біологічно подібних форм, створюючи об'єкти, які повністю інтегруються в усі аспекти життя людей у майбутньому.

Висновки та пропозиції. 1. Зв'язок матеріалу і архітектурної форми має глибокі історичні корені і невпинно розширюється з розвитком будівельних технологій. Створення нових матеріалів сприяє вдосконаленню форм, а нові форми, своєю чергою, вимагають нових матеріалів. 2. Перспективні архітектурні форми реалізують з використанням як природних матеріалів, так і будівельних композитів, створених, в тому числі, з використанням нанотехнологій, що дозволяє наділити природні матеріали певними властивостями, яких потребує сучасна будівельна галузь. 3. В недалекому майбутньому існуюче співвідношення архітектурних понять «форма-простір-матеріал» очікувано може змінитися на «матеріал-форма-простір».

Список літератури

1. Буравченко С.Г. Філософія архітектурної творчості: навчальний посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 228 с.
2. Голик Й.М., Кайнц Д.І., Вантюх Д.Е. Різновиди наноматеріалів та можливості їх використання у будівництві. *Містобудування та територіальне планування*. 2023. Вип. 82. С. 95-113. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.82.95-113>
3. Дворкін Л.Й. Архітектурне матеріалознавство: підручник. Рівне: НУВГП, 2022. 560 с.
4. Плагін С. Метал в будівництві: недооцінений ресурс. URL: <https://uscc.ua/news/metal-u-budivnictvi-ndoocinenij-resurs>. (дата звернення 17.12.2023).

5. Шинкарук В.І. Філософський енциклопедичний словник / В.І. . Київ: Інститут філософії імені Григорія Сковороди НАН України: Абрис, 2002. 742 с. URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/ukr0011096>.
6. Abyzov V, Pushkarova K, Kochevykh M, et al. Innovative building materials in creation an architectural environment. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 907 012035. DOI: 10.1088/1757-899X/907/1/012035.
7. Akiner ME, Akiner İ, Akiner N, Zileska-Pancovska V. Using wood as a new generation building material in the context of sustainable development. *Zastita materijala*. 2022. 63(1):68-78. DOI: 10.5937/zasmat2201068A.
8. Almssad A.; Almusaed A.; Homod R.Z. Masonry in the Context of Sustainable Buildings: A Review of the Brick Role in Architecture. *Sustainability* 2022, 14, 14734. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142214734>.
9. Atiyat D. The Stone as a Main Building Material: Case Study of Amman-Jordan. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*. 2015.2(4) www.jmest.org JMESTN42350314 509
10. Bourbia S., Kazeoui H. & Belarbi R. A review on recent research on bio-based building materials and their applications. *Mater Renew Sustain Energy*. 2023. 12:117–139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40243-023-00234-7>.
11. Chahour K., Aboutaleb D., Safi B, et al. Granulated foam glass based on mineral wastes used for building materials. *Building Acoustics*. 2017. 24(1):1351010X1773943. DOI: 10.1177/1351010X17739434.
12. Dobrescu L.A. From Traditional to Smart Building Materials in Architecture. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1203 (2021) 032113 IOP Publishing. DOI:10.1088/1757-899X/1203/3/032113.
13. Januszkiewicz K., Paszkowska N.E. Towards the new baroque within the historic context of a city *Envisioning Architecture. Image, perception and Communication of Heritage*, Lodz University of Technology, 2015. pp. 186-198, https://papers.cumincad.org/data/works/att/eaea2015_t2_paper07.pdf.
14. Keong C. Steel in Industrial Construction: Studies Highlighting Strength, Durability and Cost-effectiveness. *J Steel Struct Constr* 2023. 9: 196. DOI: 10.37421/2472-0437.2023.9.196.
15. Macieira M., Mendonça P., Miranda J. Overview of Constructions Made with architectural Membranes: Market, Geographical and Temporal Distribution. *MATEC Web of Conferences*, 2019. 303. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20190ICBMM20193033043030304>.
16. Shubbar A.A., Monower S., Patryk K., William A. Future of clay-based construction materials – A review. *Construction and Building Materials*. 2019. 210: 172-187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.206>.

17. The Tokyo toilet project – Update 2022. https://pressrelease.bering-kopal.de/archiv/TOTO_Europe-THE_TOKYO_TOILET_Project.pdf

PhD, associate professor **Jolana Holyk**,
Senior lecturer **Nataliia Bagrij**,
PhD student **Diana Vantuykh**
Uzhhorod National University

MATERIAL AND ARCHITECTURAL FORM: MODERN POSSIBILITIES OF RELATIONSHIP

The reliance of architectural designs on the possibilities of material support is one of the challenges of construction. The expansion of these relationships contributes to the development of modern technologies and the search for new materials. The goal is to highlight the relationship between building materials and architectural form and to study the prospects of the influence of modern building materials on the architectural image of a building object in the future. If, until the beginning of the last century, statics dominated the architectural form, then the development of science contributed to the emergence of building materials resistant to bending and stretching and dynamic architectural structures. In general, all building materials have undergone an evolution from classic to innovative with the inclusion of additional components and even nanostructures in their composition. Stone and clay are the oldest natural building materials. Stone has long been used for the construction of foundations, walls, stairs, and corridors. At the same time, modern stone architectural forms were transformed into pixelated facades, landscape elements, coatings, and exterior and interior zoning. Clay with various additives is used for the production of clay concrete, fibre concrete, and a clay-stone mixture reinforced with barbed wire. If traditional wooden architecture is characterized by a simple geometry of forms with right angles, then at the modern stage, plastic outlines are created thanks to digital design and the introduction of hydrophobic nanoparticles.

Artificial building materials require a lot of energy during production and have a large carbon footprint. At the same time, reinforcing concrete with various types of fibres increases compressive and tensile strength and improves wear and impact resistance. Modified brick with additives has increased moisture resistance, frost resistance and wear resistance. Modern architecture uses the natural properties of brickwork to create a "pixel" surface effect. The modern form of traditional glass - foam glass, is an effective heat-insulating, sound-insulating and structural material. Metal structural, fencing and finishing elements. At the same time, the modern use of

metal on facades (foam metals, metal polymers) more effectively emphasizes the texture and peculiarity of the forms. A type of tile with photo modules allows you to produce electricity. Connection of material and architectural forms has deep historical roots. The creation of new materials contributes to the improvement of forms. Modern architectural forms are implemented not only with the use of natural materials, but also innovative ones, including the use of nanotechnology. This makes it possible to endow natural materials with the properties required by the modern construction industry.

Keywords: building materials; architectural form; building structures; nanomaterials.

REFERENCES

1. Buravchenko S.H. *Filosofia arkhitekturnoi tvorchosti: navchalnyi posibnyk*. Kherson: OLDI-PLIuS, 2021. 228 s. {in Ukrainian}
2. Holyk Y.M., Kaints D.I., Vantiukh D.E. *Riznovydy nanomaterialiv ta mozhlyvosti yikh vykorystannia u budivnytstvi. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. 2023. Vyp. 82. S. 95-113. DOI:10.32347/2076-815x.2023.82.95-113. {in Ukrainian}
3. Dvorkin L.Y. *Arkhitekturne materialoznavstvo: pidruchnyk*. Rivne: NUVHP, 2022. 560 s. {in Ukrainian}
4. Plahin S. *Metal v budivnytstvi: nedootsinenyi resurs*. URL: <https://uscc.ua/news/metal-u-budivnictvi-nedoocinenij-resurs>. (data zvernennia 17.12.2023). {in Ukrainian}
5. Shynkaruk V.I. *Filosofskyi entsyklopedychnyi slovnyk / V.I. . Kyiv: Instytut filosofii imeni Hryhoriia Skovorody NAN Ukrainy: Abrys, 2002. 742 s. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/ukr0011096*. {in Ukrainian}
6. Abyzov V, Pushkarova K, Kochevykh M, et al. *Innovative building materials in creation an architectural environment*. 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 907 012035. DOI: 10.1088/1757-899X/907/1/012035. {in English}
7. Akiner ME, Akiner İ, Akiner N, Zileska-Pancovska V. *Using wood as a new generation building material in the context of sustainable development*. *Zastita materijala*. 2022. 63(1):68-78. DOI: 10.5937/zasmat2201068A. {in English}
8. Almssad A., Almusaed A., Homod R.Z. *Masonry in the Context of Sustainable Buildings: A Review of the Brick Role in Architecture*. *Sustainability* 2022, 14, 14734. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142214734>. {in English}
9. Atiyat D. *The Stone as a Main Building Material: Case Study of Amman-Jordan*. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*. 2015.2(4) www.jmest.org JMESTN42350314 509. {in English}

10. Bourbia S., Kazeoui H. & Belarbi R. A review on recent research on bio-based building materials and their applications. *Mater Renew Sustain Energy*. 2023. 12:117–139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40243-023-00234-7>. {in English}
11. Chahour K., Aboutaleb D., Safi B, et al. Granulated foam glass based on mineral wastes used for building materials. *Building Acoustics*. 2017. 24(1):1351010X1773943. DOI: 10.1177/1351010X17739434. {in English}
12. Dobrescu L.A. From Traditional to Smart Building Materials in Architecture. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1203 (2021) 032113 IOP Publishing. DOI:10.1088/1757-899X/1203/3/032113. {in English}
13. Januszkiewicz K., Paszkowska N.E. Towards the new baroque within the historic context of a city Envisioning Architecture. Image, perception and Communication of Heritage, Lodz University of Technology, 2015. pp. 186-198, https://papers.cumincad.org/data/works/att/eaea2015_t2_paper07.pdf. {in English}
14. Keong C. Steel in Industrial Construction: Studies Highlighting Strength, Durability and Cost-effectiveness. *J Steel Struct Constr* 2023. 9: 196. DOI: 10.37421/2472-0437.2023.9.196. {in English}
15. Macieira M., Mendonça P., Miranda J. Overview of Constructions Made with architectural Membranes: Market, Geographical and Temporal Distribution. MATEC Web of Conferences, 2019. 303. DOI: https://doi.org/10.1051/mateconf/2019_0_ICBMM_2019_303_30_4_303030_4. {in English}
16. Shubbar A.A., Monower S., Patryk K., William A. Future of clay-based construction materials – A review. *Construction and Building Materials*. 2019. 210: 172-187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.206>. {in English}
17. The Tokyo toilet project – Update 2022. https://pressrelease.bering-kopal.de/archiv/TOTO_Europe-THE_TOKYO_TOILET_Project.pdf. {in English}