

М.А. Вотінов, О.В. Смірнова

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

СУЧАСНЕ АРХІТЕКТУРНЕ ФОРМОТВОРЕННЯ ТА 3-D ДРУК ЖИТЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Стаття присвячена вивченню сучасного практичного досвіду проєктування житлових об'єктів. Розглянуті концептуальні основи архітектурного формотворення сучасних житлових будівель. Визначено особливості сучасного архітектурного формотворення та 3-D друку житлових об'єктів. Виявлено вплив новітніх технологій на основні параметри сучасних житлових об'єктів. Визначено напрямки розвитку сучасних житлових будівель в міському середовищі.

Ключові слова: архітектура, сучасне житло, формотворення, інфраструктура, новітні технології, 3-D друк, міське середовище.

Постановка проблеми

Сьогодні в умовах воєнного стану під впливом соціально-економічних факторів в Україні в житлових умовах населення відбуваються суттєві зміни. На тлі зростання руйнацій будівель та міської інфраструктури в цілому, високого техногенного навантаження на навколишнє середовище перед архітекторами постають нові завдання, пов'язані з необхідністю прискорення економічно вигідного, фізично та екологічно безпечного будівництва з використанням нових технологій і матеріалів, інженерних конструкцій і типів споруд. Такі завдання насамперед пов'язані із зміною матеріальної основи житлових умов населення, в бік безпеки, різноманіття за рахунок включення приміщень подвійного призначення, а також завдяки комплексному поєднанню різних технологій і матеріалів. Так в ХХІ ст. концепції житлових утворень будуються на основі зв'язку декількох напрямів (екології, містобудування, архітектури будівель та споруд з впровадженням засобів ландшафтного дизайну) та прийомів сучасного формотворення. Тому формування сучасних житлових об'єктів є складним завданням, яке передбачає покращення якості проживання та обслуговування населення, вдосконалення організації процесів його життєдіяльності [1]. Крім того динаміка сучасного життя, швидкий розвиток міст, збільшення кількості населення призводить до зростання потреб їх мешканців. Перспективним напрямом розвитку сучасного будівництва як основи формування якісних житлових умов більшості населення країни є енергоефективність. Крім того в сучасних умовах архітектурне формотворення передбачає об'єднання, концентрацію різноманітних функцій в єдиній споруді. Створення сучасних автономних житлових утворень є об'єктивною необхідністю, викликаною як соціа-

льними потребами, так і містобудівними умовами (об'єднання і співіснування різних функцій в одному об'єкті, зв'язок з транспортом, раціональне використання міських територій). Таке завдання визначається втіленням в практику містобудування прогресивних типів споруд – житлових гібридів, поліфункціональних архітектурних комплексів з наявністю окрім житлової додаткових ділових, торгових, рекреаційних, видовищних, спортивних функцій. За допомогою сучасних комп'ютерних програм та інструментів, проєктувальники змінили підхід до будівництва на користь створення максимально можливого об'єму та площі житлового об'єкту. Новітні матеріали, технології та різні винаходи в архітектурній галузі зробили революцію у будівництві та уможливили вертикальні мегаструктури.

Актуальність та необхідність формування таких комплексів не викликає сумнівів, адже такі будівлі полегшать життя людей, мешканців переважно житлових кварталів. Проте, практична реалізація архітектурних проєктів у вигляді сучасних житлових утворень, зокрема з приміщеннями подвійного призначення, в Україні лише на початковому етапі. Також немає чітко обґрунтованої стратегії вибору оптимальних об'ємно-планувальних рішень, що відповідають сучасним вимогам і забезпечують розвиток таких об'єктів в майбутньому. Недостатньо вивченими залишаються аспекти комплексного формування сучасних житлових об'єктів. Викладена актуальність свідчить про необхідність здійснення теоретичного дослідження для виявлення особливостей проєктування сучасних житлових об'єктів, визначення основних вимог та тенденцій їх формотворення. Своєчасним стає вивчення передового практичного досвіду формування сучасних житлових об'єктів та комплексів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз літератури дозволив уточнити блок понять і термінів, необхідних для визначення проблематики формування сучасних житлових об'єктів. Теоретичні положення дослідження спираються на праці вчених в сфері теорії і практики архітектури та містобудування. Основам проєктування житлових об'єктів присвячені праці В.І. Книш [2], В.С. Заяць. У роботах таких авторів, як В.В. Самойлович, С.Ф. Юнаков, У.Ю. Вербицька, Ю.І. Гайко [3], Н.В. Козлова розглядаються проблеми формування житлових об'єктів. Історія розвитку житлових об'єктів з додатковою функцією (житлових гібридів) висвітлена в працях Г.О. Осиченко, О.С. Шушлякової, Н.І. Криворучко. Вагомий внесок у дослідження питань енергоефективності житла зробили: О.К. Афанасьєва, Т.О. Кащенко, С.Г. Буравченко, О.В. Сергійчук, А.М. Береговой. Питання формування та модернізації житлових будівель і комплексів, їх архітектурної типології розкривають роботи Л.В. Дрьомової, Т.В. Жидкової, І.П. Гнесь. Теоретичними дослідженнями та розвитком біодизайну і архітектурної біоніки, їх прикладних аспектів та використання в архітектурно-дизайнерській творчості займалися автори: О. Боднар, В. Даниленко, Т. Казанцева, Н. Крижановська, О. Кащенко, С. Мигаль [4], Є. Лазарев, В. Колейчук, Ю. Лебедєв, В. Михайленко, Ф. Отто, Н. Саприкіна. Аналіз наукових розробок за темою дослідження, зокрема в напрямках біонічної урбаністики, сучасної житлової природоінтегрованої та гібридної архітектури, свідчить про необхідність подальшого вдосконалення та узагальнення досліджень у цій сфері діяльності. При проєктуванні сучасних житлових об'єктів необхідно створювати стійкі зв'язки між елементами споруди та оточуючим середовищем.

Мета статті – вивчення та аналіз практичного досвіду проєктування сучасних житлових об'єктів.

Завдання дослідження:

1. Визначити основні напрями розвитку архітектурного середовища житлових об'єктів.
2. Проаналізувати особливості сучасного архітектурного формотворення житлових об'єктів.
3. Визначити вплив 3-D друку та інших новітніх технологій на основні параметри сучасних житлових об'єктів.

Виклад основного матеріалу

Міське середовище об'єднує в собі багато різноманітних по функції архітектурних об'єктів та є складним живим організмом, що функціонує та розвивається. Виникнення та розвиток архітектурних форм пов'язані з цінностями сучасного суспільства [5]. Орієнтуючись на цінності інформаційного суспільства, сучасні архітектурні форми стають

уособленням досягнень в сфері інформаційних технологій, фундаментальних науках. Архітектурна форма об'єкта міського середовища – це зовнішня межа архітектурної споруди, що виражає архітектурний зміст та є єдністю всіх складових (соціальних, культурних, економічних, екологічних, кліматичних, містобудівних, середовищних, функціональних, композиційних, об'ємно-планувальних, конструктивних, архітектурно-художніх, психологічних, технологічних, проєктних та інших аспектів, що відповідають сучасному рівню розвитку). Так архітектурні концепції майстрів 1990-х років супроводжувалися комбінацією різкого стрибка розвитку комп'ютерних технологій моделювання та симуляції динамічних систем, появи комп'ютерно генерованої віртуальної реальності тощо. Складність, впроваджена в нові принципи та методи сучасного архітектурного формотворення, запозичена з досягнень кібернетики, загальної теорії систем, самоорганізації, синергетики тощо [6]. Таким чином у процесі еволюційного розвитку видозмінюється міське середовище та архітектурні об'єкти, що його формують. Особливо змін зазнає інфраструктура житла в міському середовищі: вона стає багаторівневою системою з житловими об'єктами, архітектурне формотворення яких зазнає найбільшого оновлення.

З урахуванням перспективних тенденцій можна спостерігати декілька напрямів їх розвитку. Перш за все здійснюється застосування новітніх будівельних матеріалів та комп'ютерних технологій, інженерних систем, а також використовуються відновлювана енергетика та універсальні конструктивні рішення, що дозволяють створювати новий вигляд житлових утворень [7, 8]. У житлових будинках може бути створена загальна мережа Wi-Fi, яка пов'язує всі пропускі системи, ліфти, поштові скриньки та консьерж-сервіс. Мешканці мають можливість керувати всіма системами дистанційно. Передові технології передбачають нові рішення для інфраструктурного заповнення сучасних житлових комплексів. Зокрема, на прилеглий дворовій території можна розмістити всесезонний майданчик з дитячою ігровою зоною та оранжерею, користуватись яким можна за будь-якої погоди. Спеціальні системи кліматичного контролю підтримуватимуть усередині стабільний режим температури та вологості протягом усього року.

Сучасні архітектурні рішення житлових утворень передбачають використання у будівництві 3-D принтерів, нанотехнологій, композитних матеріалів тощо. Житлові будинки, надруковані на 3-D принтері, стрімко еволюціонують і змінюють уявлення людей про будівництво, пропонуючи стійку, економічно доцільну альтернативу традиційним методам зведення помешкань. Такі житлові будинки придатні для проживання, а новітні технології не тільки збільшують швидкість їх зведення, а і урізноманіт-

нують конфігурації споруд. Хоча технологія 3-D друку зародилася ще у 80-х роках минулого століття, саме будівельний 3-D друк з'явився набагато пізніше. Перші будівельні проекти з використанням цієї технології були реалізовані лише у 2014 р. Проте, галузь розвивається, і за даними Grand View Research за останні 7 років розмір світового ринку 3-D друку будівель оцінювався в більш ніж 13,84 млрд доларів, і очікується, що сукупний річний темп зростання становитиме понад 21% у період із 2023 по 2030 рік. Сьогодні існує низка різних підходів до виготовлення архітектурних об'єктів та їх елементів на місці та за його межами з використанням промислових роботів, порталних систем і прив'язаних автономних транспортних засобів. Будівельні технології 3-D друку демонструють виготовлення житла, будівельних компонентів, мостів та цивільної інфраструктури, штучних рифів тощо.

Тож нові цифрові можливості адаптивного виробництва можуть сприяти якісному та кількісному покращенню будівництва, особливо у разі нестачі кваліфікованих робітників будівельної галузі, зростання витрат, глобального дефіциту житла в окремих регіонах через стихійні лиха, наслідки зміни клімату і навіть війну.

Сьогодні емпіричний досвід зведення житлових будівель за допомогою 3-D друку є досить поширений. Аналіз вітчизняного та закордонного практичного досвіду показав, що в Україні житловий будинок вперше був надрукований на будівельному 3-D принтері у 2021 р. в Сумській області. Перший в Європі будинок, побудований за допомогою 3-D друку, заселили в Ейндховені (Нідерланди): житло повністю відповідає будівельним нормам і є завершеною спорудою великого проекту з п'яти будинків. Ще одним прикладом у Європі надрукованого на 3-D принтері сучасного житлового бетонного будинку є споруда від 3DCP Group площею 37 м², що розташована у Гольстебро (Данія) (рис. 1). До 2030 року понад чверть усіх будинків в Дубаї будуть створені за допомогою такого друку.

Також актуальним є створення будівель-трансформерів з інтелектуальними системами автоматичного управління, здатних оптимізувати свою об'ємно-планувальну структуру за спеціальними комп'ютерними програмами, волевиявленням орендарів та технічним завданням замовників, будівельників, інженерів тощо. Все більшого поширення набуває просторова трансформація та адаптація, що провокує зміну об'ємно-просторового рішення житлових будівель за рахунок перетворення зовнішніх формоутворювальних конструкцій за принципом зміни форми та збільшення/зменшення габаритів житлового простору. Основним та найперспективнішим прийомом трансформації простору житлового будинку є зміна ступеня його замкнутості.



Рис.1. Житловий будинок, роздрукований на 3-D принтері, Данія

Гнучкому використанню площі основних приміщень житлових будівель також сприяє і можливість збільшення їх площі не тільки за рахунок використання внутрішніх, але і зовнішніх просторів, а також резервного розширення. Цьому сприятимуть використання трансформації внутрішніх та зовнішніх стін (захисних конструкцій, здатних при автоматизованій системі управління регулювати штучний мікроклімат житлової будівлі). Також активно застосовуються гнучкі просторові структури – динамічні мобільні житлові поверхи та кімнатки, здатні слідувати за траєкторією руху сонця.

Активно проєктуються житлові будівлі-трансформери з поверхами, що повертаються, дахами, що розсуваються, і стінами, балконами, вікнами і дверними отворами, що висуваються, звужуються і розширюються, із змінюваною висотою поверхів, кривизною покриття. Затребуваною також є розробка проєктів житлових будівель, внутрішній простір яких має бути мобільним та забезпечувати безперешкодне впровадження, експлуатацію та заміну технологічних систем та функціональних процесів на весь період експлуатації житлової будівлі.

Після закінчення строку експлуатації житлової будівлі все більше актуальною є переробка будівельного сміття. Вона стає невід'ємним етапом процесу здійснення демонтажу житлових будівель. Саме за допомогою переробки будівельного сміття багато матеріалів (деревина, залізобетонний лом, пластик, скло, цегельний бій тощо) стають знову придатними для використання. Економія під час цієї процедури досягається відсутністю витрат на навантаження, транспортування та розвантаження. Не треба платити за місце на полігоні під поховання будівельних відходів. Це пояснюється тим, що на території, де проводився демонтаж будівель або споруд, практично завжди передбачається нове будівництво, де будуть необхідні будівельні матеріали. Рециклінг (переробка) будівельних відходів, що перебуває на

тому самому місці, заощаджує гроші в питаннях покупки, перевезення матеріалів, необхідних для будівництва житлового утворення. Також він дає змогу утилізувати будівельні відходи, не завдаючи шкоди навколишньому середовищу. В усьому світі переробка будівельних відходів є досить перспективною галуззю, що особливо актуально для сучасної України з будівельним ринком, що активно розвивається. Крім того ще більшого поширення це питання набуває в наслідок руйнацій міст та їхньої інфраструктури в ході війни. Обсяги будівельних відходів значно збільшуються, і головною проблемою стає не стільки транспортування, скільки вторинне використання, утилізація та екологічне поховання відходів.

В Європі й Америці проблема утилізації відходів вже давно вирішується на державному рівні: у деяких країнах будівельні смітники заборонені зовсім, а в Америці та Канаді вони ще є, але вартість звалювання відходів істотно перевищує вартість їхньої переробки. У більшості держав вже зараз частка переробки будівельних відходів становить в середньому близько 50 % від загального обсягу. А, наприклад, в Данії, Нідерландах, Швеції переробляють понад 90 % відходів та внаслідок удосконалення технологій та законодавства змогли досягти високого рівня переробки будівельних відходів. У майбутньому революція у будівельній індустрії дозволить втілювати в реальність різноманітні уявлення про ідеальне житло, в якому технологічний потенціал є інструментом швидкого вирішення багатьох соціальних та екологічних проблем (поява мобільних будівель тощо). Це вимагатиме створення нових типів архітектурних споруд.

Другий напрямок пов'язаний з функціональною інтеграцією житлового середовища. Основою цієї теорії є поєднання в житловій зоні будівель різного функціонального призначення. Тому в перспективі необхідно формувати простори, придатні для широкого діапазону потреб (за винятком жорсткого закріплення функцій за окремими структурними елементами, передбачаючи резерви для їх функціонально-планувальної та якісної трансформації при необхідності через певний проміжок часу).

У сучасному розумінні поліфункціональні житлові комплекси (житлові гібриди) – це група будівель, об'єднаних одним композиційно-планувальним задумом, але різних за своїм функціональним призначенням (житло, суспільні та адміністративні установи). Їх можна поділити на дві групи. Перша група – поліфункціональні комплекси з відкритою системою обслуговування: житлові гібриди різних типів, що формуються в реконструйованих зонах міста та є характерними для районів нового будівництва. Це переважно торгово-житлові, рекреаційно-житлові, адміністративно-житлові або змішані поліфункціональні із включенням різних

громадських установ комплекси. Залежно від розмірів комплексів і їх розміщення в структурі реконструйованої забудови, вони можуть створювати невеликі групи, що займають частину кварталу (локальні), цілий квартал (квартальні), кілька кварталів (районні), розвиватися уздовж фронту вулиць (лінійні). У приватних житлових будівлях подібного типу (на одну-дві сім'ї, з приквартирними ділянками) завжди існує реальна можливість устаткування майстерні для аматорських та професійних занять; вміст у спеціальних господарських приміщеннях домашніх тварин; захоплення садівництвом, квітництвом та городництвом.

До другої групи можна віднести спеціалізовані житлові комплекси із закритою та напівзакритою системою обслуговування. Вдосконалення технологій, зростання чисельності населення міст на планеті, збільшення тривалості життя, наростаючі обсяги промислового виробництва та споживання, нестача землі під будівництво та її дорожнеча викликають появу «вертикальних будівель», хмарочосів та високощільних мегаструктур нового покоління. Ці мегаструктури, що ростуть на кілометри вгору, формуватимуть нові, інтегровані між собою, типи будівель. Житлові утворення у таких структурах характеризує вертикальне зонування з активною організацією рівневого рекреаційного середовища (парки, сади), а також гігантські оранжереї під кліматичними куполами та вертикальні ферми для сільського господарства. В критих інтер'єрах житлових будівель можуть бути пішохідні транзитні простори з природними елементами або внутрішні двори (атріуми) в будівлі, які можуть служити центральним місцем відпочинку і спілкування. Атріуми перетворюються на буферні зони між вулицею та приміщенням, значно скорочують втрати тепла у зимовий період. Завдяки наявності рослинності та води такі простори допомагають охолоджувати повітря у житловій будівлі за рахунок випарів. Критий простір і в майбутньому забезпечуватиме всесезонність експлуатації та сприятиме створенню комфортної атмосфери для відпочинку у будь-яку погоду. Подібні атріуми будуть використовуватися як своєрідний оазис, який одночасно відіграє істотну роль у створенні мікроклімату, забезпечуючи природну вентиляцію і денне світло. З'явиться можливість використання ширшого спектру природних та штучних матеріалів. Прикладом сучасного багатофункціонального житлового комплексу може бути The Gate Residence в Єгипті (арх. Vincent Callebaut Architectes), який поєднує в своїй структурі природні компоненти та новітні технології (рис. 2). The Gate Residence передбачає підземний паркінг в чотири яруси, три рівні торгових площ, дев'ять поверхів із 1000 житловими одиницями та три поверхи офісів. Житлові споруди сталого будівництва з'являться в

Каїрі як символ прагнення країни до прогресивної архітектури, боротьби з глобальним потеплінням та збереженням навколишнього середовища. Комплекс із восьми блоків буде покритий єдиним дахом із вигнутими елементами та сонячними панелями. Це покриття з широким озелененням забезпечить необхідну тінь в умовах жаркого клімату та зменшить залежність від механічних систем вентиляції.



Рис. 2. Багатофункціональний житловий комплекс The Gate Residence, Каїр

Нові прийоми візуального сприйняття формують композиції з різних висотних позначок, так як вони добре оглядаються з вікон наступних поверхів будівлі. Особливістю може служити зміна характеру рельєфу з формуванням штучних пагорбів, укосів, покритих трав'яним газоном, використання різних видів рослинності, включаючи декоративні чагарники та ґрунтопокривні рослини, розміщення плерної скульптури. Таким чином, мінімізуючи площу забудови під житлові утворення можна створювати будівлі, що розширюються до верху, розвивати вертикальне будівництво, звільняючи простори під збереження флори та фауни, лісів і сільськогосподарських площ. Крім того, подібні концепції мають великий архітектурно-мистецький потенціал і унікальний естетично привабливий новаторський вигляд. Згодом у віддаленій перспективі вертикальні мегаструктури утворюватимуть гігантські надземні транспортні системи, між якими курсуватиме швидкісний транспорт та ліфти. Організації таких об'єктів сприятиме використання технології модульного будівництва. З'являться модульні конструкції будівель, що перетворюють будівництво на ефективний інструмент, в якому можна на одних і тих же фундаментах або конструктивній основі модернізувати або замінювати великі та дрібні функціональні елементи. Житлова архітектура змінюється залежно від пріоритетного функціонального призначення та соціального замовлення суспільства. Подібні житлові утворення створюються з швидкокомтованими конструкціями та інженерно-технічними системами, опера-

тивний монтаж яких скорочує терміни будівництва та зумовлює енергозбереження. Конструкції таких житлових утворень з блок-комплектів (об'єкти заводського постачання) забезпечують можливість їх багаторазового демонтажу та транспортування на нові місця експлуатації. Подібні рішення сприяють економії енергоресурсів, крім того, є системами, що легко демонтуються, доцільними з екологічної точки зору (через звільнення території після демонтажу будівлі) (рис. 3).



Рис. 3 Модульний житловий комплекс у Словенії

Таким чином, використання уніфікованих модулів-осередків у комплектно-блочному виконанні з елементами заводської готовності роблять можливим створення житлових будівель, що швидко зводяться, у тому числі багатоповерхових будівель і комплексів. Габарити та структура внутрішнього простору можуть бути змінені на будь-якій стадії експлуатації житлової будівлі. Такі варіації функціонально-планувальних рішень сучасних модульних житлових будівель призводять до появи різноманітних можливих рішень не тільки їх об'ємно-просторової організації, а також і унікального художнього образу їх фасадів. Диференційовані модулі повинні відповідати різним типам сучасного житла в залежності від розміру родини, типу і площі енергозберігаючого обладнання, а також особливостей природнокліматичної зони, в якій проектується житлова будівля. В такому випадку головними прийомами формотворення сучасних модульних житлових будівель стають комбінація однакових або подібних елементів (модулів), решітка та пошарова комбінаторика елементів фасадних площин. Комбінаторні операції можливі на всіх структурних рівнях. На рівні фасадів житлової будівлі можуть бути використані такі види комбінаторики, як комбінаторика фасадної рослинності (зі зміною розмірів, конфігурації і місця положення на решітці «зелених аплікацій» із одного рослинного матеріалу; з однотипної рослинності різних кольорів; комбінаторика кольору, тону та фактури різних рослин у вертикальних

або горизонтальних фермах), пошарові модифікації суміщених псевдорешіток рослинних і штучних елементів форми (комбінаторика штучних елементів на фасаді з рівномірним вкрапленням однорідних «зелених сегментів»; накладання комбінаторної сітки штучної оболонки на комбінаторну решітку рослинності на фасаді; варіації озеленених лоджій і балконів; акцентування штучної виступаючої псевдорешітки подібними елементами рослинності завдяки повному збігу сіток). Це дає змогу формотворення сучасних житлових утворень з високими індивідуальними якісними характеристиками.

Прикладом може бути модульний житловий комплекс з дерева в Гондурасі від Zaha Hadid Architects. Проєкт модульного комплексу Roatan Prospera для о. Роатан – це цифрова платформа для проєктування за допомогою персональних осередків-вокселів. Один воксель має площу 35 м² та висоту 4 м. Особливість проєкту в тому, що покупець може самостійно вибрати місце і розмір свого майбутнього архітектурного об'єкту, додавши необхідну кількість вокселів в житловий комплекс (рис. 4).



Рис. 4. Модульний житловий комплекс в Гондурасі

Сучасне архітектурне формотворення передбачає можливість запланувати або один воксель для створення квартири-студії, або п'ять вокселів для створення простору квартири з спільною гілкою комунікацій з сусідньою квартирою. В основі концепції лежить принцип використання локальних ресурсів, екологічності, сталого розвитку та мінімізації відходів. Проєкт житлового будинку орієнтований на ефективне використання цифрових технологій, можливості місцевих постачальників та виробників. Основним матеріалом є екологічно чиста деревина з лісів материкової частини Гондурасу. Комплекс оснащений сонячними батареями та забезпечений природною вентиляцією: воксели орієнтовані на море, звідки завжди дме легкий бриз. Також слід зазначити, що модульна система дозволяє перебудовувати або демонтувати житловий комплекс – кожен будинок є комплект деталлю, які легко збираються і розбираються. Так вимога гнучкості забезпечить можливість швидкого переходу до

іншого більш модернізованого та необхідного на даному етапі використання. До цього призведуть і незворотні кліматичні зміни на планеті, які внаслідок глобального потепління у довгостроковій перспективі спричинять масову міграцію населення із затоплених низовин Землі та міст узбережжя. З кожним десятиліттям рівень світового океану підніметься все вище, нестача суші змусить людей будувати величезні житлові платформи у вигляді мобільних та стаціонарних аквабудівель. Будівництво сучасних житлових будівель на стовпах, у важкодоступних місцях гірських масивів, морських мілинах дозволить освоювати нові малопридатні ділянки суші, які раніше не забудовувалися. Потрібно будувати плаваючі житлові структури, здатні перевозити людей на сушу (штучні острови) і дрейфувати уздовж узбережжя. Будівництво локальних житлових утворень на штучних островах і підводних платформах відбуватиметься і на невеликих глибинах і на пагорбах дна світового океану, з'являться трансокеанські мости та тунелі, що створять нову дорожню інфраструктуру для зв'язку між різними поселеннями та сушею, що ознаменує перехід від екстенсивного до інтенсивного освоєння території, де кожен гектар землі та суші стане на «вагу золота» з максимально можливим збереженням природного довкілля всіх живих істот. Так, поява інших типів будівель [9, 10] призведе до виникнення нових видів транспорту, спроектованих з урахуванням використання проривних технологій та формування принципово іншої інфраструктури обслуговування людей. З'являться житлові будівлі, в які люди потраплятимуть не лише з рівня землі та традиційного тротуару з 1-2 або цокольного поверху, а заходитимуть у будівлю з даху, проміжних поверхів, посадочних відсіків та модулів, які будуть вбудовані у будинки. Численні повітряні аеропаркування стануть таким самим звичним явищем, як і наземні для автомобілів. Нові перспективні види транспорту майбутнього: автомобілі, що літають, магнітоплани, струнний транспорт Юницького – RSW, вакуумний транспорт Елона Маска, дирижаблі та планери. Ця перспектива їх використання змінить не тільки об'ємно-планувальну структуру житлових утворень, але і кардинально весь вигляд та силует сучасного міського середовища. Час гострокінцевих житлових хмарочосів з під'їздом внизу минув, їм на зміну прийдуть об'ємні тропосферні об'єкти з добре розвиненою повітряною інфраструктурою підвісних вулиць, площ, бульварів, мостів, аеропаркувань, швидкісних магістралей та інженерних комунікацій. Таким чином, пошук інноваційних прийомів формування локальних житлових утворень дозволить створювати об'єкти як компоненти цілісного екологічно стійкого середовища.

В результаті основними перспективними прийомами, що сприяють удосконаленню формування локальних житлових утворень, є:

- створення поліфункціонального житла (житлового гібрида) із забезпеченням швидкого доступу людини до місця тривалого проведення часу або короткочасного відпочинку (безпекова складова);
- максимальне впровадження природних (вода, рельєф, рослинність) та штучних елементів у структуру житлових утворень для досягнення стильової єдності, візуального та функціонального розмаїття середовища, покращення естетики та екології середовища;
- створення універсальних просторів із забезпеченням можливості видозміни їх у часі (зміна габаритів об'єкта, його елементів та обсягів, створення різних за функцією з можливістю трансформації просторів для проведення різних форм життєдіяльності);
- створення житлового утворення як єдиної енергетичної системи, де проблема енергозбереження вирішується як сукупність певних архітектурно-будівельних (об'ємно-планувальних та конструктивних) рішень;
- використання передових технологій, архітектурно-мистецьких та інженерно-технічних досягнень для створення унікального художнього образу житлового утворення, близького або протиставленого довкіллю (біонічні та техногенні архітектурні форми, візуальні ефекти, 3-D друк будівель);
- перехід на стійкий транспорт, що дозволяє знизити рівень негативного впливу на довкілля (організація нешкідливого швидкісного транспорту; наявність тільки необхідних проїздів; пристрій мережі своєрідних «безпечних коридорів» для пішоходів та велотранспорту; наявність відкритих гармонійно вписаних у середовище та розрахованих на невелику кількість машино-місць паркування, підземних паркінгів);

– впровадження в інфраструктуру житлових утворень автоматичних інтелектуальних систем, розрахованих на максимально раціональне споживання енергії, можливості швидко реагування на зміну вимог до ступеня комфорту, адаптації до кількості людей, що знаходяться в будівлі.

Слід зазначити, що в майбутньому інфраструктура створюваних локальних житлових утворень залежатиме від фізичних розмірів території, її ландшафтних характеристик (водні поверхні, гірський рельєф) та характеру розміщення у міському середовищі. Її предметно-просторове наповнення буде зумовлено взаємозв'язком та взаємозалежністю функціональних зон з урахуванням соціальних та демографічних характеристик населення. Вона видозмінюватиметься залежно від технічних можливостей для створення екоорієнтованого житлового

середовища. Переважно її характеризуватиме процес формування інноваційного житлового середовища з елементами біодизайну. При цьому при проектуванні сучасних житлових будівель освоєння природних аналогів та їх біодизайн буде вирішуватися зіставленням штучних і природних різноманітних форм і систем живих організмів [2]. Можливість єдності та подібності матеріального світу обох систем демонструватиме зовнішню імітацію – від прямого копіювання форми, структури і колористики до аналізу та інтерпретації різноманітних систем на загальному і клітинному рівнях у нових матеріалах та умовах функціонування житлового об'єкту. Формування сучасних житлових об'єктів з елементами біодизайну залежатиме від місця розташування споруди, запроєктованих в ній функцій, її структурної організації. Прикладом такої сучасної будівлі, сформованої за принципом імітації природної форми є житловий комплекс у Ванкувері (рис. 5).



Рис. 5. Біоморфні хмарочоси, Ванкувер

Концепт сучасного житлового комплексу представляє собою дві будівлі, які виділяються із загальної забудови насамперед своєю незвичайною рослинноподібною формою та багатою кількістю кутових балконів. Проєкт житлового комплексу включає 30-поверхову вежу (105 м) на сході та 34-поверхову вежу (117 м) на заході, що височіють над п'ятиповерховим стилобатом. Нижні поверхи житлової будівлі мають вбудовані зелені тераси з бага-

торічними рослинами, чагарниками та ліанами. Прохід між будинками є витягнутою громадською площею-галереєю з прозорим дахом. Багатоповерховий житловий комплекс вміщує 401 квартиру, дитячий садок, паркування на 524 машиномісць, велопарковку на 524 місця, громадську площу-галерею, басейн, кафе та магазини. Вигнута структура житлового комплексу переводить масу будівлі у людський масштаб, поділяючи її довгі фасади по вертикалі на сегменти. Башти перетинаються на рівні землі з людиною, запрошуючи її до взаємодії з ширшою міською спільнотою, створюючи живий соціальний центр як для мешканців житлового комплексу, так і для його гостей.

Особливе місце при формуванні архітектурного простору будівлі з використанням природного фактора відводиться середовищному підходу [11, 12], який направлений на створення комфортної житлової інфраструктури з сучасним дизайном.

Слід зазначити, що у перспективі також створюватимуться два типи інфраструктури житлових утворень – соціальне житло для малозабезпечених категорій населення та комерційне житло для фінансово забезпечених категорій населення. Інфраструктура із соціальним житлом буде традиційною, а інфраструктура із комерційним житлом буде видозмінюватися для досягнення високого рівня комфорту проживання з різноманітними видами обслуговування населення [13]. Загалом інфраструктура житлового середовища міста постійно удосконалюватиметься за рахунок будівництва локальних житлових утворень з інноваційними прийомами формування. Серед цих прийомів варто виокремити:

- функціональне вдосконалення (реорганізація пішохідно-транспортного каркасу, підвищення поверховості будівель, розширення типології об'єктів обслуговування);
- ландшафтно-екологічне вдосконалення (створення захисного озеленення, включення до житлового середовища водних пристроїв, елементів геопластики тощо);
- естетичне вдосконалення (спрямоване на виявлення нетрадиційного художнього образу житлових утворень у вигляді оригінального силуету забудови, включення певних домінант і акцентів);
- інженерно-технічне вдосконалення (проведення робіт з відновлення несучої здатності конструкцій, створення ефективних технічних систем).

Крім того, варто приділяти увагу реновації житлових будівель, оскільки вона передбачає збереження та оновлення предметно-просторового середовища архітектурно-містобудівних житлових утворень з урахуванням нових соціальних, функціональних, естетичних вимог щодо формування середовища життєдіяльності. Як правило, процес реновації житлових об'єктів залежить від характеру розмі-

щення у міському середовищі. Реновація житлових об'єктів, розташованих у центрі міста, розраховується на 10-15 років, а потім новий виток історичного розвитку потребує повторення цього процесу з метою відповідності більш сучасним вимогам. Інфраструктура функціонуючих житлових об'єктів може бути максимально збережена, схильна до незначної модернізації або містобудівної реставрації. Вона також може включати елементи нового будівництва за відповідних фізичних розмірів території.

Таким чином, інфраструктура житлового середовища і в перспективі буде системою відкритих архітектурних просторів з відповідним предметно-просторовим наповненням і системою закритих інтер'єрних просторів з житловими осередками, а у разі багатофункціональності середовищного об'єкту – з додатковими функціональними структурами. Удосконалення її формування у перспективі здійснюватиметься на містобудівному та об'єктному рівнях.

Висновки

У результаті проведеного дослідження були сформульовані такі висновки:

1. Визначено декілька напрямів вдосконалення та розвитку формування архітектурного середовища житлових об'єктів:

- перший напрямок, пов'язаний із застосуванням інноваційних технологій та нових будівельних матеріалів при формотворенні та зведенні сучасних житлових об'єктів;
- другий напрямок зумовлено функціональною інтенсифікацією інфраструктури житлового середовища, створенням поліфункціональних житлових комплексів (гібридних житлових об'єктів);
- третій напрямок зумовлено розвитком масштабних характеристик будівель та появою вертикальних мегаструктур;
- четвертий напрямок зумовлений необхідністю подальшого застосування природних компонентів в інфраструктурі житлового середовища.

2. Встановлено, що теорія архітектурного формотворення є невід'ємною складовою архітектурної науки, а соціально зумовлена архітектурна форма – об'єктом творчості, що визначає процес моделювання архітектурного простору сучасної житлової будівлі, як системи, та передбачає організацію взаємозв'язку внутрішнього та оточуючого архітектурно-ландшафтного середовища об'єкта (створення архітектурного ансамблю).

Визначено основні закономірності архітектурного формотворення в сучасній житловій архітектурі. Виявлено перспективні тенденції вдосконалення і розвитку сучасних житлових будівель, які сприятимуть подальшій еволюції архітектури даного типу в умовах новітнього соціально-економічного і науко-

во-технічного прогресу. Наведено рекомендації щодо практичного втілення прийомів архітектурного формотворення та умов їхньої реалізації при проектуванні та 3-D друці сучасних житлових будівель. Особливу увагу приділено сучасній теорії архітектурного простору та 3-D принтіngu житлових будівель. Теорію архітектурного формотворення розкрито як дійовий чинник професійного новаторства. Окреслено шляхи системного вдосконалення інноваційного образного тлумачення житлової архітектури. Встановлено, що архітектурне формотворення сучасних житлових об'єктів представляє собою процес втілення проєктної моделі будівлі, що включає вибір, складання елементів форми та підсистем споруди в єдину цілісну систему та спирається на вимоги та прийоми створення, а саме:

- алгоритм процесу формотворення сучасної житлової будівлі;
- взаємодія підсистем житлової будівлі;
- вибір домінуючої підсистеми з відображенням її на зовнішній формі будівлі;
- тип базової форми, характерні прийоми формотворення сучасної житлової будівлі;
- композиційна взаємодія між елементами архітектурної форми сучасної житлової будівлі.

3. Встановлено, що сучасна житлова архітектура, заснована на геометричному проєктуванні, прототипуванні та моделюванні, може отримати значні переваги від розвитку технології 3-D друку. Аналіз практичного досвіду 3-D друку сучасних житлових об'єктів показав позитивну статистику. Так за допомогою створених на 3-D друці архітектурних моделей житлових споруд, населених пунктів з усією інфраструктурою архітектор може забезпечити легкість в досягненні балансу між формою, функціональністю та естетикою житлового об'єкту (завдяки високій гнучкості дизайну), заощадити кількість будівельного матеріалу для зведення споруди, знизити фінансові витрати та екологічні збитки (використання натуральних, органічних або перероблених біоматеріалів (рослинні залишки, компост) і пластику); суттєво зменшити час будівництва та можливість виникнення помилок під час проєктування (за рахунок автоматизованих процесів).

Література

1. Рябов О. Р. Емоційне сприйняття архітектурного середовища / О.Р. Рябов, І.В. Ніколаєва. // *Архітектура будівель і споруд. Творчі концепції архітектурної діяльності*. – 2016. – №3. – С. 62-67.
2. Книш В. І. Архітектурне проєктування житла. Нотатки з досвіду архітектора-практика: навч. посібник / В.І. Книш – К.: КНУБА, 2012. – 176 с.
3. Проблеми та перспективи розвитку житлової забудови в умовах комплексної реконструкції міста: монографія / Ю. І. Гайко, Т. В. Жидкова, Т. М. Апатенко та ін.; за заг. ред. Ю. І. Гайка, Т. В. Жидкової; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім.

О.М. Бекетова, 2019. – 247 с.

4. Мигаль С. П. Біоніка в дизайні просторово-предметного середовища: навч. посібник. Друге видання, перероблене / С. П. Мигаль, І. А. Діда, Т. Є. Казанцева – Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2022. – 228 с.
5. Заяць В. С. Розвиток житлового будівництва як фактор формування житлових умов населення / В. С. Заяць // *Демографія та соціальна економіка*. – 2019. – № 2 (36). – С. 137-151. <https://doi.org/10.15407/dse2019.02.137>
6. Барабаш М. С. Архітектурно-будівельне проєктування об'єкта будівництва на основі моделювання його життєвого циклу / М. С. Барабаш // *Проблеми розвитку міського середовища*. – 2013. – № 9. – С. 27-34.
7. Практика інноваційних розробок у сфері територіально-просторового розвитку міст і регіонів: монографія / під заг. ред. В. Т. Семенова, І. Е. Линник; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. – 2016. – 300 с.
8. Сегеда М.С. Нетрадиційні та відновлювані джерела електроенергії: навч. посіб. / М. С. Сегеда, М. Й. Олійник, О. Б. Дьодурич; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2019. – 201 с.
9. Куцевич В. В. Архітектурна типологія цивільних будівель і споруд як гнучка система постійного розвитку / В. В. Куцевич // *Перспективні напрямки проєктування житлових та громадських будівель: Зб. наук. праць. Спец. випуск: Архітектурно-будівельна галузь в умовах економічної кризи*. – К.: КиївЗНДІЕП, 2009. – С. 4-16.
10. Куцевич В. В. Архітектурна типологія громадських будинків і споруд. Сучасні тенденції розвитку / В.В. Куцевич // *Сучасні проблеми архітектури і містобудування. Науково-технічний збірник*. – К.: КНУБА, 2014. – Вип. 35. – С. 376-384.
11. Шубенков М. В. Структурные закономерности архитектурного формообразования / М. В. Шубенков. – М.: Архитектура-С, 2006. – 320 с.
12. Шаповал Н. Г. Основи архітектурного формотворення: навч. посіб. / Н. Г. Шаповал. – Київ: Основа, 2008. – 448 с.
13. Успенський М.С. Обумовленість поняття «складність» у термінології сучасного архітектурного формотворення / М. С. Успенський, В. В. Нестеренко // *Український журнал будівництва та архітектури*, No 1 (013), 2023. – С. 102-110. <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.280223.102.924>

References

1. Ryabov O. R., Nikolayeva I. V. (2016) Emotional perception of the architectural environment. *Architecture of buildings and structures. Creative concepts of architectural activity*. No. 3. P. 62-67.
2. Knysh V. I. (2012) Architectural design of housing. Notes from the experience of a practicing architect. *Teaching. manual*. Kyiv: KNUBA, 176.
3. Hayko Yu. I., Zhidkova T. V., Apatenko T. M., etc. (2019) Problems and prospects of the development of residential buildings in the conditions of complex reconstruction of the city. *Monograph. in general ed. Hayko Yu. I., Zhidkova T. V. O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*. Kharkiv: O. M. Beketov NUUE, 247.
4. Myhal S. P., Dyda I. A., Kazantseva T. E. (2022) Bionics in the design of the spatial and object environment. *Teaching. manual. Second edition, revised*. Lviv: Publishing House of the National University "Lviv Polytechnic", 228.
5. Zayats V. S. (2019) Development of housing construction as a factor in the formation of housing conditions of the popu-

lation. *Demography and social economy*. No. 2 (36). P. 137-151. <https://doi.org/10.15407/dse2019.02.137>

6. Barabash M. S. (2013) Architectural and construction design of a building object based on modeling its life cycle. *Problems of the development of the urban environment*. No. 9. P. 27-34

7. Semenova V. T., Linnyk I. E. (2016) The practice of innovative developments in the field of territorial-but-spatial development of cities and regions. *Monograph. in general ed. Semenova V. T., Linnyk I. E. O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*. Kharkiv: O. M. Beketov NUUE, 300.

8. Szegeda M. S., Oliynyk M. Y., Dudurich O. B. (2019) Non-traditional and renewable sources of electricity. *Training. manual. National Lviv Polytechnic University*. Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic, 201.

9. Kutsevich V. (2009) Architectural typology of civil buildings and structures as a flexible system of permanent development. *Prospective directions for designing residential and public buildings: Collection. of science works Spec. issue: Architectural and construction industry in conditions of economic crisis*. P. 4-16.

10. Kutsevich V. (2014) Architectural typology of public buildings and structures. Modern development trends. *Modern problems of architecture and urban planning. Scientific and technical collection*. Vol. 35. P. 376-384.

11. Shubenkov, M. (2006) Structural patterns of architectural shaping. *Moscow: Architecture-S*, 320.

12. Shapoval N. G. (2008) Fundamentals of architectural form-making. *Teaching. manual*. Kyiv: Osnova, 448.

13. Uspenskyi M. S., Nesterenko V. V. (2023). Conditionality of the concept of "complexity" in the terminology of modern architectural form-making. *Ukrainian Journal of Construction and Architecture*, No. 1 (013), P. 102-110. <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.280223.102.924>

Рецензент: д-р мист., проф. О. Ю. Оленіна, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ВОТІНОВ Максим Алекович
кандидат архітектури, доцент, завідувач кафедри
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – votinelly@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2966-2898>

Автор: СМІРНОВА Ольга В'ячеславівна
кандидат архітектури, доцент, доцент кафедри
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – olha.smirnova@kname.edu.ua
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0896-7227>

MODERN ARCHITECTURAL FORMATION AND 3D PRINTING OF RESIDENTIAL BUILDINGS

M. Votinov, O. Smirnova

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The article is devoted to the analysis and research of modern practical experience of designing residential objects in the urban environment. The conceptual foundations of the architectural design of modern residential buildings and complexes are considered. Features of modern architectural form-making and 3-D printing of residential objects are determined. It was determined that the architectural concepts of modern residential objects should be built based on the connection of several directions (ecology, urban planning, architecture of buildings and structures with the introduction of landscape design tools) and methods of modern shaping. It has been established that the shaping of modern residential objects is a process of implementing the design model of the building, which includes the choice of assembling form elements and subsystems of the building into a single system. It has been established that the architectural design of modern residential objects is based on the requirements and methods of creation that include: the algorithm of the process of forming the shape of a modern residential building, the interaction of subsystems of a residential building, the selection of the dominant subsystem with its reflection on the external form of the building, the type of basic form, the characteristic methods of forming the shape of a modern residential building, the compositional interaction between the elements of the architectural form of a modern residential building. The article pays attention to the modern theory of architectural space. The authors outline the ways of system improvement of modern residential buildings in the future. The impact of the latest technologies on the main parameters of modern residential objects has been revealed. Four directions of development of modern residential buildings and complexes in the urban environment in the future have been identified. These directions are related to the application of innovative technologies, new building materials, functional intensification of the infrastructure of the residential environment, creation of multifunctional residential objects, development of large-scale characteristics of buildings, use of natural components in the architectural design of modern residential objects. Prospective techniques for improving the formation of local residential units are defined.

Keywords: architecture, modern housing, formation, infrastructure, new technologies, 3-D printing, urban environment.