

УДК 629.7:347.85.+
747.023.9

DOI:10.30857/2617-
0272.2024.4.5

АНТОНЕНКО І. В., АГЛІУЛЛІН Р. М., ВИШНЕВСЬКА О. В.,
КУЗЬМЕНКО В. В.

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна

ІНТЕГРАЦІЯ КОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СЕРЕДОВИЩЕ УКРАЇНСЬКОГО АРХІТЕКТУРНОГО ДИЗАЙНУ

Мета: з'ясувати можливості імплементації космічних технологій у сферу українського архітектурного дизайну, а також їх впровадження в архітектурному дизайні і технології будівництва.

Методологія. У праці використано інформаційно-дослідницький та візуально-аналітичний підходи у поєднанні з методами систематизації та порівняльного аналізу щодо використання космічних технологій в архітектурному дизайні.

Результати. Розглянуто процес інтеграції космічних інновацій у сферу архітектурного дизайну. Встановлено, що модульність, 3D-друк та інноваційні матеріали, які використовуються в космічних технологіях, є ключовими факторами, що можуть бути трансформовані у сучасний український архітектурний дизайн завдяки чому можна підвищити надійність, енергоефективність та адаптацію дизайн-об'єктів, зокрема у випадках нестачі житла (для біженців) або надання допомоги регіонам, які постраждали від стихійних та військових лих. Показано як принципи народної архітектури, що традиційно базується на місцевих ресурсах і методах, можуть використовуватися в для формування новітніх будівель.

Наукова новизна. З'ясовано можливості використання космічних технологій у українському архітектурному дизайні, розкрито особливості їх застосування на практиці. Виявлено особливості та складності їх впровадження у процесі проектування.

Практична значущість. Результати дослідження можуть бути корисними як для розробки методів та прийомів дизайн-проекування, так і в інших галузях дослідницького дизайну для студентів, викладачів та архітекторів.

Ключові слова: космічна місія, модульність, новітні матеріали, реголіт, швидкісний 3D-друк, дизайн-проекування, народна архітектура, BIM-моделювання.

Вступ. Світова наукова спільнота дедалі частіше заявляє про колонізацію космічного простору. Такий підхід зумовлений кількома чинниками. Космічна сфера практично не має обмежень. Місяць і Марс мають ресурси корисних копалин, достатні для створення та функціонування інфраструктури для колоній. Ґрунт на планетах можна використовувати як сировину для отримання будівельних матеріалів, які можна виробляти прямо на місці. Крім цього, планети є унікальними платформами для наукових досліджень. У зв'язку з цим формується нова архітектура екстремального середовища, в якому космічний архітектурний дизайн слід виділити в самостійний предмет дослідження, оскільки в космосі людина стикається з унікальними проблемами

(радіація, відсутність гравітації, психоемоційні стреси тощо), якими світова наука вже активно займається.

Своєю чергою, технології, що застосовуються у космосі, починають використовуватися в земних умовах у сфері будівельної інженерії, архітектури та архітектурного дизайну. В Україні супутники стали важливим джерелом отримання даних, а вибухове зростання ІТ-розробок в останні роки змінило процес дизайн-проекування – з'явився Метавесвіт, цифрові двійники, а BIM-моделювання перетворилося на основний проектний інструмент. Модульність та швидкісний 3D-друк, що активно застосовуються у створенні МКС, стали використовуватися для споруд народної архітектури, традиційно орієнтованої на місцеві ресурси. Великий потенціал мають і

дослідження в галузі нових матеріалів, розробки та отримання яких також продовжуються. Впровадження космічних технологій в український архітектурний дизайн дозволяє вирішувати багато завдань, що виникають при проєктуванні та зведенні дизайн-об'єктів. Поки їх порівняно небагато, але вони є і тому процес їх впровадження слід продовжити з більшою інтенсивністю.

Аналіз попередніх досліджень.

Архітектурний дизайнер Мікаела Патрік у своєму дослідженні «Космополітичні тіла: архітектура космосу» в аспектах проблем екосистеми нашої планети вивчала взаємозв'язок між дизайном та космосом, архітектурою та навколишнім середовищем. У праці «Dandal Kura» дослідниця розглянула панівні уявлення про космос та наслідки для творчої дизайнерської практики, досліджуючи потенціал космічних технологій для боротьби зі зміною клімату [34]. Надалі у дослідницькій групі STEMA авторка займалася просторовим аналізом впровадження космічних технологій у народну африканську архітектуру (проєкт MAMA Manyatta) та вивчала роль дизайну в інноваційних системах охорони здоров'я Кенії [35].

У 2002 р. в Массачусетському технологічному інституті (MIT) Емі Сміт (за версією журналу Time увійшла до списку 100 найвпливовіших осіб з впровадження космічних технологій та просування місцевих інновацій у країнах Африки, Азії, Латинської Америки) [13] була створена унікальна методологія нарощування творчого потенціалу та заснована інноваційна програма освіти MIT D-Lab для досліджень у галузі технологічного дизайну. У рамках проєкту D-Lab студенти MIT (у співпраці з новаторами з національних спільнот) застосовують принципи парти-сипативного та інклюзивного дизайну у конкретних проєктах [36]. Крім цього, вони беруть участь у відповідних бакалаврських дослідженнях у рамках Програми можливостей MIT (UROP) [18].

Доцент кафедри аеронавтики та астронавтики в MIT, космічний інженер Даніель Вуд, у 2017 р. представила доповідь під назвою «6 космічних технологій, які ми можемо використовувати для покращення життя на Землі», де перерахувала технології, що мають найбільшу соціальну значущість – супутникове спостереження Землі, супутниковий зв'язок, супутникове позиціонування, дослідження мікро-гравітації, інтеграція космічних технологій та фундаментальні наукові дослідження [42]. Даніель Вуд також стала засновником дослідницької групи Space Enabled (розробної системи для сприяння сталому розвитку як на Землі, так і в космосі) і викладачем Академії дизайну Морнінгсайд, що спеціалізується на технології суспільного інтересу, що використовує засоби дизайну [39]. У своїх наукових статтях (спільно з Де Ла Торре Л. Б.) вона розглядала методи дизайн-проєктування, які використовуються в інших галузях для створення концепцій космічних місій та вдосконалення космічних технологій, оскільки подібні методи періодично використовувалися НАСА для створення доквілля та розробки програмного забезпечення в носіях пристроїв для астронавтів [28]. Надалі вона досліджувала космічні технології в аспекті досягнення цілей сталого розвитку (ЦСР), виникаючі у процесі проблеми та способи їх подолання [16].

Академічним лідером у галузі розробки космічного дизайну та архітектури є центр Сакави (SICSA) [37], який спільно з NASA [31], The Boeing Company [40], Oceaneering та Houston Airport System/Houston [29] Spaceport активно проєктують також інші об'єкти екстремальної архітектури (океанічні апарати, полярні станції, сховища у разі катастроф). У Європі за цим напрямком спеціалізується космічний університет Страсбурга (ISU) [41].

Проблемним питанням розвитку та державного регулювання космічної галузі в

Україні присвячені праці вітчизняних науковців, зокрема С. Кошової [5], Н. Куссуль, О. Федорова, А. Шелестова [6] та ін. В останні роки в науковому середовищі визначалися поточні тенденції у світовій космічній галузі та був представлений прогноз їх розвитку до 2030 р. Досліджувалася динаміка зміни вартості впровадження космічних досліджень у життя під впливом інновацій, проблема боротьби з космічним сміттям, напрями використання космічних технологій для боротьби з глобальним потеплінням, аналізувалися шляхи використання 3D-друку для майбутніх потреб космічної галузі [5; 6]. У контексті сталого розвитку була запропонована ідеологія українського сегменту GEOSS – інформаційної системи UkrGEO, що передбачає інтеграцію та експлуатацію супутникових даних та модернізації статистичних та геопросторових систем в аспекті цифровізації економіки та індустрії [6].

В Україні теми космосу зверталася низка творчих майстерень архітектурного дизайну. Зокрема об'єкти українських архітектурних бюро увійшли до топ-12 найкращих нереалізованих проєктів за версією видання Archdaily (будинок над скелею від студії Yakusha Design та бункер Plan B від Sergey Makhno Architects) [24]. Майстерня Dmytro Aranchii Architects створила проєкт модульної станції для початку колонізації Місяця «Misiats» [1], а Makhno Studio спроектувала поселення для Марса під назвою Plan C [33]. Звертаючись до зарубіжних і вітчизняних аналогів, слід зазначити, що у переважній більшості автори, що досліджують цю тему, ґрунтуються на суто технічних рішеннях, зумовлених переважно експлуатаційно-технічними вимогами. Дизайн-концепції виникають на пізніших етапах проєктування, але й тоді їм приділяється недостатньо уваги. Оптимальним варіантом стало б об'єднання обох підходів для створення проєкт-концепції, яка однаково відповідає як технічним і біопсихологічним, так і

естетичним вимогам. Крім цього, на сучасному етапі розвитку все ще залишається багато невирішених проблем як у питаннях фінансування космічних досліджень, так і пошуку перспективних напрямків у галузі архітектурного дизайну, які займаються космічними об'єктами, що зумовлює актуальність теми та потребує подальших досліджень та систематизації у цій сфері.

Постановка завдання. Метою дослідження є з'ясування особливостей інтеграції космічних технологій у сферу українського архітектурного дизайну, а також використання методів народної архітектури для побудови космічних об'єктів, визначення подальших перспектив та можливостей використання космічних технологій в українському архітектурному дизайні.

Результати дослідження та їх обговорення. Дослідження космосу є каталізатором розробки унікальних технологій, здатних функціонувати в екстремальних умовах поза атмосфери Землі. Дослідження, спричинені необхідністю перебування у безповітряному просторі, багато в чому керуються прагненням перетворення саме земного життя. Наукова робота у сфері космічної екстрим-архітектури відбувається через орієнтацію людства на колонізацію інших світів. Фактично така робота є тренуванням для тривалого перебування людини у надзвичайних ситуаціях природного та антропогенного характеру, для чого задіяні архітектурно-будівельні, дизайнерські та інженерні засоби. Досвід, отриманий з космічних досліджень, підвищує якість земного життя за допомогою удосконалення замкнутого штучного простору, що легко адаптується до мінливих зовнішніх умов [17].

Найважливішою інновацією у цій ситуації є модульність. Космічні житлові об'єкти збираються та налаштовуються з модульних компонентів. Цей принцип також активно використовується в архітектурному

дизайні. Подібно космічним кораблям, сучасні земні простори моделюються із взаємозамінних компонентів для підвищення ефективності та адаптивності, для створення гнучких і стійких рішень при формуванні громадських об'єктів, житла та інфраструктури, а також для якісного управління ресурсами. Складні системи за допомогою модульності розчленовуються на дрібніші, взаємозамінні компоненти, що демократизує процес дизайн-проектування [21].

Прототип марсіанського житла Mars Case від OPEN Architecture був офіційно показаний 26 вересня 2018 р. на стадіоні Bird's Nest у Пекіні (рис. 1). Було представлено гнучку структуру з кількох функціональних модулів. При «відкритті» сервісного модуля (2,4x2,4x2,0 м) випускалися наступні надувні модулі, що крім економії простору, збільшували стійкість інтегрованої конструкції. Mars Case являв собою замкнуту екосистему, де енергія, повітря та вода поверталися назад, мінімізуючи споживання ресурсів та кількість відходів. Фактично MARS Case був прикладом дизайн-продукту ідеальної одиниці житла, яка органічно поєднувала в собі високі технології і досягнення сучасного дизайну [43].

Починанням подібних технологій став проєкт 2012 р. Luna Habitation від Foster + Partners [27] у співпраці з Європейським космічним агентством (рис. 2). Пропонуючи 3D-друковану місячну базу (1,5 т), творці демонстрували потенціал використання місцевих ресурсів (ISRU) та модульного будівництва в екстремальних умовах. Проєкт показував, яким чином модулі з місячного реголіту (уламки місячних порід, мінеральних зерен та частинок скла) можуть бути використані для створення адаптованих до місячного середовища житлових форм. Місцем для бази було обрано південний полюс Місяця, де на горизонті майже завжди світить сонце [38]. Надалі проєкт, підтриманий NASA, передбачав будівництво з допомогою роботів

масштабного позаземного поселення, оснащеного всіма необхідними системами життєзабезпечення [22].

Світ намагається перейти від еволюційного, інертного способу свого розвитку до інноваційного, тобто нового способу отримання продукту та організації виробничих процесів. В Європі було прийнято новий порядок денний для інновацій (European Innovation Agenda) [8], який прояснив аспект – що саме вважати інноваціями і як впроваджувати їх у життя. Документ передбачає розвиток deep tech (глибинних технологій (ГТ)), нового економічного укладу, стартапів, нових економічних форм та законодавства, яке дозволить їх використати. ГТ починаються з big data (об'ємної кількості даних, найчастіше супутникових), які також передбачають розвиток нанотехнологій, блокчейн-технологій, ШІ, нових підходів у матеріалознавстві та енергетиці з метою створення стійкого (sustainable) середовища, в якому людство використовує природні ресурси, але не вичерпує їх (тобто, що відновлюються або повторно використовуються) [4].

В українському дизайні розвиток цього напрямку було підхоплено різними архітектурними та дизайнерськими бюро. Зокрема майстернями Dmytro Aranchii Architects (з проєктом Misiats) та компанією Makhno Studio (з проєктом Plan C).

Проєкт від Dmytro Aranchii Architects «Модульна космічна станція Misiats» є результатом дослідження умов, потреб та проблем, з якими можуть зіткнутися колонізатори під час перебування на Місяці (рис. 3). В основу формотворчих модулів закладено зрізані восьмигранники. Огороджувальні оболонки модуля взаємозамінні, що дає можливість ремонтувати станцію за рекомендованою схемою. Енергозабезпечення станції відбувається за рахунок видобутку Гелія 3 та застосування його в реакції контрольованого ядерного синтезу [1].



Рис. 1. Прототип марсіанського житла Mars Case, OPEN Architecture, 2018

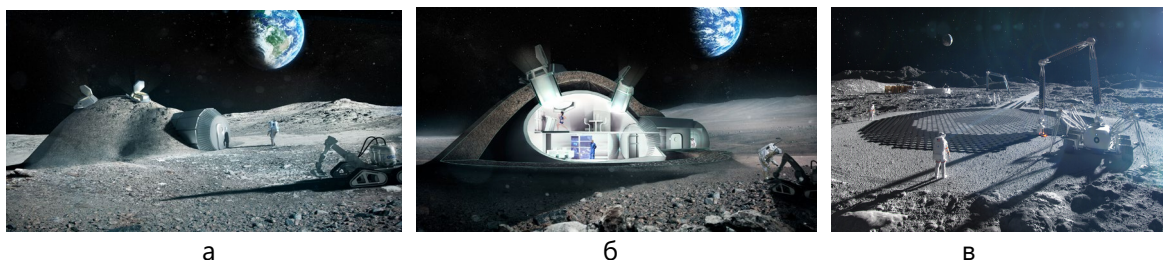


Рис. 2. 3D-друкована місячна база, Luna Habitation, Foster + Partners, 2012

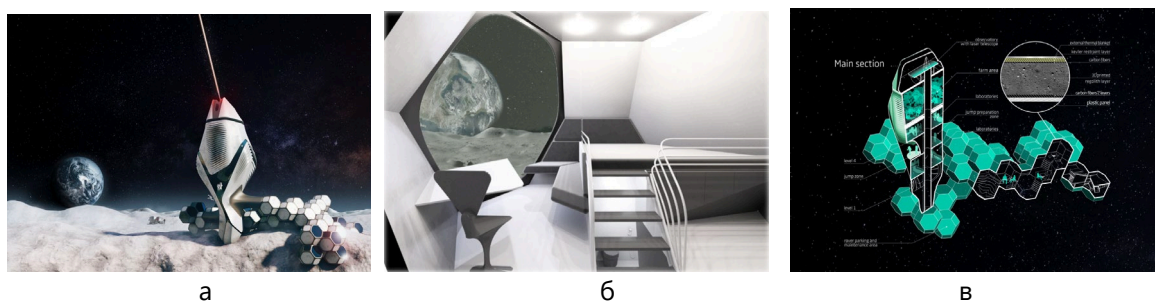


Рис. 3. Модульна космічна станція Misiats, Dmytro Aranchii Architects, 2019



Рис. 4. Поселення для Марса під назвою Plan C, Makhno Studio, 2021: а – поселення усередині кільцевої структури кратера; б – житлова зона; в – сферичні теплиці



Рис. 5. Конструктивна система земляних будинків «Адоба» (Earthbag Construction technique «Super Adobe»), Nader Khalili, 2001

Makhno Studio спроектувала поселення для Марса під назвою Plan C (рис. 4), яке оточуватиме кратер (з метою захисту від піщаних бур, метеоритних дощів та сонячної радіації). Зовнішні стіни передбачається зводити з використанням великомасштабних 3D-принтерів. Plan C містить громадські, дослідні та технічні приміщення, а також житлові зони. Кільцева комунікація, заповнена рослинами, тягнеться по всій довжині конструкції та пов'язана з усіма функціональними блоками (медичне обслуговування, дослідницькі центри, хімічні та біологічні лабораторії, адміністративні блоки) [33].

Вибухове зростання ІТ-розробок останніх років змінило процес дизайн-проекування, результатом чого стала поява параметричного моделювання [10]. Із впровадженням космічних технологій супутники стали головним джерелом отримання даних, для роботи з ними створювалася організація GEO (Group on Earth Observations), членом якої є й Україна. Космічне агентство та НЦУВКЗ ініціювали формування регіональних кластерів для вирішення проблем за допомогою Метавесвіту та цифрових двійників. Впровадження моделі BIM стало фундаментом цифровізації процесу дизайн-проекування. Прагнення оптимізувати процеси будівельної галузі дало життя стартапу Era Twin від української компанії Urbanistyka Hub, веб-сервісу, що використовує динамічні цифрові моделі більш ефективно. Інструмент заощаджує ресурси, знижує викиди CO₂, виявляє помилки проєкування та проводить аналітику робочих процесів [3]. Лідерами в 3D-друкованому будівництві стали такі компанії, як ICON [19] та HAVELAR, які своєю роботою показали, наскільки швидко та ефективно можна моделювати найскладнішу геометрію форм, використовуючи широкий спектр матеріалів та досягаючи найвищої якості дизайну інтер'єру [25].

У липні 2024 р. поблизу м. Ірпінь для сім'ї загиблого бійця ЗСУ завершилося будівництво житлового будинку, надрукованого за допомогою першого українського 3D-принтера компанії 3D UTU. Цей пристрій поєднує в собі прецизійний механізм, змішувальну систему та програмне забезпечення власної розробки, що забезпечує високоточний високошвидкісний друк. Для виконання завдання було проведено моделювання експериментальних конструкцій у графічних автоматизованих системах, з урахуванням особливостей їхнього подальшого формування та виготовлення методом адитивних технологій [9].

В аспекті космічних місій екструзійна технологія 3D-друку є найбільш ефективною, оскільки не всі полімери годяться для використання в космосі. Тому все частіше привертає увагу місячний реголіт, фахівці описують його як аналог бетону. Перевагою матеріалу є висока роздільна здатність друку, що дозволить застосовувати його для спорудження місячних баз. Існує також марсіанський реголіт, дослідники використовують змодельовані зразки цього матеріалу та комбінують його з титановим сплавом. Попередні результати показують, що матеріал забезпечує високу міцність для захисту обладнання від корозії та радіаційного пошкодження. Матеріали мають схожі властивості, проте місячний реголіт більш вивчений, при їх використанні відпадає необхідність транспортування сировини із Землі, до того ж реголіт є невичерпним місцевим джерелом необхідних матеріалів у найближчому майбутньому. Поки що, в земних умовах, 3D-друк та модульне проєкування перетворилися на одні з головних інструментів формування нового дизайну, зокрема у сфері народної архітектури [21]. Наслідуючи народні практики, які розуміють і повною мірою використовують місцеві ресурси, інтеграція 3D-друку у формоутво-

рення народних будівель є значним прогресом в аспекті сталого будівництва. Концепція ISRU (In-Situ Resource Utilization) – використання місцевих ресурсів, зводить до мінімуму залежність від підземних копалин, культивуючи абсолютну самодостатність, та мінімізує небажаний вплив споруджуваних об'єктів на навколишнє середовище [32]. При цьому дуже зростають темпи будівництва, а також можливості адаптації до мінливих зовнішніх умов, що є вельми значущим аспектом у важкодоступних районах і при ліквідації наслідків стихійних (військових) лих [30]. Своєю чергою, скорочення відходів і зниження негативного впливу на конкретну територію сприяє розвитку кругової економіки, тобто можливості відновлення місцевості, повторного використання матеріалів та, відповідно, можливості створення додаткової вартості за допомогою інтелектуальних рішень [23].

У 1984 р. Надер Халілі (Іран) розробив технологію будівництва з мішків із землею SuperAdobe, що використовує поєднання вертикального та горизонтального навантажень для збереження стійкості в екстремальних умовах, наприклад, застосування на Марсі та Місяці (рис. 5). Прообразом подібної самонесучої конструкції аеродинамічної форми є давня саманна архітектура Середньої Азії. Інновація набула популярності завдяки ефективності та екологічності – житлові модулі зводилися з місцевих органічних матеріалів, вручну, швидко, що перетворило метод SuperAdobe на приклад прогресивного дизайну як за мірками нашої планети, так і в міжгалактичному масштабі [12].

В Україні подібна технологія (в якій прямі стіни зводили складніше, ніж криволінійні чи куполоподібні) відома під назвою «Суперсаман» і використовувалася для боротьби з паводковими водами та встановлення дамб [2]. Надалі метод отримав розвиток у технології Genesis – будівництві каркасних будинків з

оцинкованого металу, в якій для ущільнення ґрунтової маси почали застосовувати електрифіковані інструменти [7]. Українськими фахівцями для прискорення процесу модульного будівництва як місцевий матеріал було запропоновано використовувати коноплі. Система трансформованого соціального житла на основі конопляних панелей була свого часу розроблена Інститутом Нової Архітектури в Нідерландах (NAI), житлові модулі (19-90 м²) легко транспортувалися і збиралися з уніфікованих елементів. У Великій Британії також успішно було реалізовано низку проєктів з використанням конопляних матеріалів, створено національний кластер коноплярства (British Hemp Alliance) та розроблено стандарт для проєктування конопляних стін (The RICS Building with Hemp Report) [15]. В Україні компанія Hempire UA розробила конопляний бетон із унікальними характеристиками, який застосовувався для будівництва приватних та громадських будівель у різних регіонах. Компанія BeWood виробляє збірні каркасні будинки з використанням костроблоків та конопляних утеплювачів [26].

Злиття аерокосмічної та архітектурної інженерії спричинило появу синергетичних відносин, коли досягнення в одній галузі, стимулюють інновації в іншій. Дослідження космосу сприяє розробці нових будівельних технологій, енергетичних систем та високопродуктивних матеріалів. Лише деякі з них можуть бути виготовлені тільки в умовах мікрогравітації космосу і при цьому мати особливу цінність для виправдання високих витрат на їх виробництво. Прикладом може бути ZBLAN (фтор (ZrF₂), фторид барію (BaF₂)) – фторидне волокно, виготовлене з фтористого скла. Матеріал знижує відсоток втрати сигналу на одиницю довжини волокна. Вуглепластик CFRP – композит, що складається з вуглецевих волокон та полімерної смоли. Спочатку розроблений для аерокосмічного використання через виняткове спів-

відношення міцності до ваги, довговічності та корозійної стійкості, CFRP знаходить все більше застосування в дизайні. Висока міцність і мала вага роблять його ідеальним для армування конструкцій без значного збільшення маси, що знижує витрату матеріалу та продовжує термін служби [20].

Концепція самовідновлюваного бетону, підказана біологічними системами та вдосконалена в результаті космічних досліджень, демонструє потенціал автономного відновлення матеріалів. Впроваджуючи мікрокапсули, які містять лікувальні агенти, в бетонну матрицю, дослідники розробили матеріали, здатні самостійно усувати тріщини, підвищуючи довговічність та скорочуючи витрати на технічне обслуговування [14].

Інші орбітальні виробничі процеси, що реалізуються на МКС – це біодрук, промислова кристалізація, лиття суперсплавів, вирощування стовбурових клітин людини та керамічна стереолітографія. Українські вчені створили найлегший матеріал на планеті – аерогель, що має низьку щільність і високу термоізоляцію, що дозволяє використовувати його в аерокосмічних технологіях та будівництві. Крім цього, були винайдені матеріали з унікальними властивостями, для створення: 1) лінз та оптичного волокна (з поглинанням випромінювання); 2) легких конструкцій (включаючи авіацію та космонавтику); 3) нового покоління електронних пристроїв та сонячних батарей [11].

Енергоефективність – першорядне міркування у дослідженні космосу через обмежені ресурси, також сприяла прогресу в наземних будівельних технологіях. Сонячні енергетичні системи та рішення щодо зберігання енергії, спочатку розроблені для космічних додатків, перетворилися на життєздатні та економічно ефективні варіанти для генерації та зберігання відновлюваної енергії. Замкнуті системи життєзабезпечення, розроблені для рециркуляції води та повітря у замкнутих

просторах, пропонують цінні ідеї для стратегій управління ресурсами. Адаптуючи технології до наземних будівель, можна створювати високоефективні та стійкі структури, які мінімізують споживання ресурсів та виникнення відходів. Українські вчені розробили індуктивну передачу енергії (без проводів), яка використовується в екологічно чистих технологіях [11].

Інтеграція космічних технологій у середовище архітектурного дизайну є унікальною можливістю вирішення нагальних глобальних проблем, таких як зміна клімату та дефіцит ресурсів. Від 3D-друку та модульного проєктування до використання ресурсів та енергоефективності, ці інновації вирішують деякі з найнагальніших проблем у будівельній галузі. Приймаючи подібні космічні технології та принципи, можна створювати і все більш удосконалювати стійкість, міцність та ефективність споруд, покращуючи тим самим якість життя людини у навколишньому рукотворному середовищі.

Висновки. Дослідження космосу все більше прискорюються. Колонізація Місяця та Марса може стати досяжною метою у найближчі десятиліття, що відкриє нові можливості у різних галузях. Якщо розглядати цей аспект з погляду архітектурного дизайну, можна зробити висновок, що передбачуване заселення Місяця та Марса планується здійснювати за допомогою легких модульних конструкцій та швидкісного 3D-друку. Екстремальні умови космічного середовища та обмеженість ресурсів стимулює розробки будівельних технологій, енергетичних систем та високопродуктивних матеріалів, які можуть бути виготовлені лише в умовах мікрогравітації – це фторидне волокно ZBLAN; композит високої міцності, вуглепластик CFRP; бетон, що самовідновлюється, удосконалений в ході космічних досліджень; аерогель з низькою щільністю і високою термоізоляцією та ін. Нові матеріали підвищують довговічність,

міцність і гнучкість об'єктів, а також роблять їх більш стійкими і адаптованими до умов навколишнього середовища, що змінюються, і підвищують здатність будівлі протистояти стихійним (військовим) лихам. Космічні технології - модульність, 3D-друк та інноваційні матеріали є ключовими чинниками, що трансформують сучасний український архітектурний дизайн. У цьому напрямі передбачається розвиток нанотехнологій, блокчейн-технологій, штучного інтелекту та нового підходу до

енергетики. Подальші дослідження в галузі космічних технологій є перспективним напрямом, вони сприятимуть підвищенню рівня архітектурного дизайну об'єктів, що зводяться в цілому, і допоможуть мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Крім того, розробка замкнутих систем життєзабезпечення автономних просторів надає цінні ідеї для вдосконалення стратегій управління ресурсами.

Література:

1. Аранчий Д. Параметрична модульна станція на поверхні Місяця. *Dmytro Aranchii Architects*. URL: <http://aranchii.com/ua/blog/misiats-moon-station/> (Дата звернення: 22.09.2024).

2. Благостова О. О., Печерцев О. О. Використання традиційних та новітніх будівельних технологій при проектуванні екологічних поселень. *Науковий вісник будівництва*. 2019. Т. 98, № 4. С. 5–10. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2019_98_4_31 (Дата звернення: 02.10.2024).

3. Бутко К. Digital Twin для будівництва та управління нерухомістю. Запуск стартапу під час війни від Urbanistika Hub. *Pragmatika.Media*. URL: <https://pragmatika.media/digital-twin-dlia-budivnytstva-ta-upravlinnia-nerukhomistiu-zapusk-startapu-pid-chas-vijny-vid-urbanistika-hub/> (Дата звернення: 29.09.2024).

4. Герасимчук З. В. Регіональна політика сталого розвитку: теорія, методологія, практика: монографія. Луцьк: Надстир'я, 2008. 528 с.

5. Кошова С. інноваційні тенденції створення ракетно-космічної техніки: аспект публічного управління. *Публічне управління: концепції, парадигма, розвиток, удосконалення*. 2024. № 7. С. 94–105. <https://doi.org/10.31470/2786-6246-2024-7-94-105>.

6. Куссуль Н., Федоров О., Шелестов А. Моніторинг досягнення цілей сталого розвитку України за супутниковими даними. Київ: Наукова думка, 2023. 160 с. <https://doi.org/10.15407/978-966-00-1865-5>.

7. Парфентьев І.О., Михальчук Т.Г. Нові технології швидкого та економічного зведення житлових будинків. *Сучасні технології та*

методи розрахунку в будівництві. 2016. № 5. С. 25–31. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/stmrb_2016_5_6 (Дата звернення: 02.09.2024).

8. Підоричева І. Ю. Європейський дослідницький простір: новий етап розвитку та можливості інтеграції України у воєнний і повоєнний періоди. *Економіка промисловості*. 2022. С. 5–40. <https://doi.org/10.15407/econindustry2022.03.005>.

9. Родина полеглого ірпінчанина Ярослава Березова отримала перший в Україні будинок, надрукований на 3D-принтері. *SpaceMag*. URL: <https://spacemag.com.ua/fashion/news/rodyn-a-poleglogo-irpinchanyyna-yaroslava-berezova-otrymala-pershij-v-ukrayini-budynok-nadrukovanyi-na-3d-prynteri/> (Дата звернення: 29.10.2024).

10. Тютіна Л. Новітні тенденції в архітектурі XXI ст. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2021. № 59. С. 132–151. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.59.132-151>.

11. Цікаві факти про науку та винаходи – дивовижні досягнення вітчизняних вчених. *Новини ФАКТ*. URL: <https://fact-news.com.ua/tsikavi-fakti-pro-ukrainsku-nauku-ta-vinaxodi-divovizhni-dosyagnennya-vitchiznyanix-vchenix> (Дата звернення: 30.09.2024).

12. Alvarez L. What is a SuperAdobe home, and why is it so special? *AmazingArchitecture*. URL: <https://amazingarchitecture.com/articles/what-is-a-superadobe-home-and-why-is-it-so-special> (Дата звернення: 29.10.2024).

13. Amy Smith. *Home | MIT D-Lab*. URL: <https://d-lab.mit.edu/about/people/amy-smith> (Дата звернення: 15.09.2024).

14. Bliss L. The New Alchemy: How Self-Healing Materials Could Change the World. *Bloomberg – Are you a robot?* URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-09-15/the-new-alchemy-how-self-healing-materials-could-change-the-world> (Дата звернення: 04.09.2024).
15. Carbon Footprint Assessment: Case Studies for Hemp-Based Eco-Concrete Masonry Blocks. *Buildings*. 2024. Vol. 14(10):3150. <https://doi.org/10.3390/buildings14103150>.
16. Challenges and progress in applying space technology in support of the sustainable development goals / D. Wood et al. *Acta Astronautica*. 2024. Vol. 219. P. 678–692. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2024.03.064>.
17. Chandler N. How Has NASA Improved Solar Energy? *HowStuffWorks*. URL: <https://science.howstuffworks.com/innovation/nasa-inventions/nasa-improve-solar-energy.htm> (Дата звернення: 02.09.2024).
18. Design for Second Life Innovations. *Home | MIT D-Lab*. URL: <https://d-lab.mit.edu/innovation-practice/design-second-life-innovations> (Дата звернення: 06.10.2024).
19. Fakharany N. ICON Unveils Groundbreaking Construction Innovations at SXSW: Revolutionizing Building with Robotics, AI, and Sustainable Materials. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/1014514/icon-unveils-groundbreaking-construction-innovations-at-sxsw-revolutionizing-building-with-robotics-ai-and-sustainable-materials> (Дата звернення: 05.09.2024).
20. Fiber Reinforced Polymer (FRP) Composites in Structural Engineering | TU Delft Online. *TU Delft Online Learning*. URL: <https://online-learning.tudelft.nl/courses/frp-composites-in-structural-engineering/> (Дата звернення: 05.09.2024).
21. Florian M.-C. The Promise of Accessibility: Can Modular Systems Contribute to Democratizing the Design Process? *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/1015799/the-promise-of-accessibility-can-modular-systems-contribute-to-democratizing-the-design-process> (Дата звернення: 01.09.2024).
22. Frearson A. Foster + Partners reveals concept for 3D-printed Mars habitat. *Dezeen*. URL: <https://www.dezeen.com/2015/09/25/foster-partners-concept-3d-printed-mars-habitat-robots-regolith/> (Дата звернення: 04.09.2024).
23. Ghisleni C. What Are Vernacular Technologies? *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/1017464/what-are-vernacular-technologies> (Дата звернення: 01.09.2024).
24. Harrouk C. An Underground House in Ukraine and an Extension for the Glasgow School of Art: 12 Unbuilt Projects Submitted by our Readers. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/943829/an-underground-house-in-ukraine-and-an-extension-for-the-glasgow-school-of-art-12-unbuilt-projects-submitted-by-our-readers> (Дата звернення: 15.09.2024).
25. Havelar – Building Communities. *Havelar*. URL: <https://www.havelar.com/> (Дата звернення: 05.09.2024).
26. Hempire – будинки з конопель. *Hempire*. URL: <https://www.hempire.com.ua/> (Дата звернення: 29.10.2024).
27. ICON/BIG-Bjarke Ingels Group. Lunar Habitation | Foster + Partners. *Foster + Partners*. URL: <https://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation> (Дата звернення: 03.09.2024).
28. De La Torre L. B., Wood D. Exploratory Methods and Techniques for Space Technology Development. *MIT Media Lab*, URL: www.media.mit.edu/publications/exploratory-methods-and-techniques-for-space-technology-development-and-space-mission-concept-development (Дата звернення: 29.10.2024).
29. Locations. *Oceaneering | 60 Years of Solving the Unsolvable*. URL: <https://www.oceaneering.com/locations/> (Дата звернення: 29.10.2024).
30. Montjoy V. Off-Site Construction is Radically Changing the Rules of Architectural Design. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/971874/off-site-construction-is-radically-changing-the-rules-of-architectural-design> (Дата звернення: 02.09.2024).
31. NASA. URL: <https://www.nasa.gov/> (Дата звернення: 30.08.2024).
32. NASA. In-Situ Resource Utilization (ISRU). NASA. URL: <https://www.nasa.gov/mission/in-situ-resource-utilization-isru/> (Дата звернення: 02.09.2024).
33. Parkes J. Makhno Studio designs conceptual settlement within Martian crater. *Dezeen*. URL: <https://www.dezeen.com/2022/01/24/makhno-plan-c-mars-settlement-concept-architecture/> (Дата звернення: 02.10.2024).

34. Patrick M. Cosmopolitical bodies: An architecture of space. *Acta Astronautica*. 2019. Vol. 157. P. 215–224. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.12.003>.
35. Patrick M., Grewal G., Chelagat W., Shannon G. Planetary health justice: feminist approaches to building in rural Kenya. *Buildings and Cities*. 2020. Vol. 1, No. 1. P. 308–324. <https://doi.org/10.5334/bc.18>.
36. Sevtsuk A. Street smarts. *MIT News | Massachusetts Institute of Technology*. URL: <https://news.mit.edu/2024/street-smarts-thriving-city-spaces-andres-sevtsuk-1215> (Дата звернення: 15.10.2024).
37. SICSА. *University of Houston – Sasakawa International Center for Space Architecture (SICSА)*. URL: <https://sicsa.egr.uh.edu/> (Дата звернення: 09.08.2024).
38. Souza E. Extreme Architecture: Challenges and Solutions in Inhospitable Environments. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/1017783/extreme-architecture-challenges-and-solutions-in-inhospitable-environments> (Дата звернення: 03.09.2024).
39. Technologist M. P. I. Satellite Technologies as Public Interest Tech: an Interview with Danielle Wood. *The Public Interest Technologist*. URL: <https://technologist.mit.edu/pit-and-space-technology-danielle-wood/> (Дата звернення: 09.08.2024).
40. The Boeing Company Official Website. URL: <https://www.boeing.com/> (Дата звернення: 09.08.2024).
41. The International Space University – Official website. URL: <https://www.isunet.edu/> (Дата звернення: 09.08.2024).
42. Wood D. Six space technologies we can use to improve life on Earth – MIT Media Lab. *MIT Media Lab*. URL: <https://www.media.mit.edu/posts/6-space-technologies-we-can-use-to-improve-life-on-earth/> (Дата звернення: 15.10.2024).
43. 韩爽. MARS Case / OPEN Architecture. 08 Oct 2018. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/903434/mars-case-open-architecture> (Дата звернення: 01.09.2024).
- References:**
1. Aranchyi, D. (2019). *Parametrychna modulna stantsiia na poverkhni Misiatsia* [Parametric modular station on the surface of the Moon.] | Dmytro Aranchii Architects. URL: <http://aranchii.com/ua/blog/misiats-moon-station/> (Last accessed: 22.09.2024) [in Ukrainian].
2. Blahovestova, O. O., & Pechertsev, O. (2019). Vykorystannia tradytsiinykh ta novitnykh budivelnnykh tekhnolohii pry proektuvanni ekolohichnykh poselen [Using traditional and modern construction technologies in the design of ecological settlements]. *Naukovyi visnyk budivnytstva*, 98(4), 5–10. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2019_98_4_31 (Last accessed: 02.10.2024) [in Ukrainian].
3. Butko, K. (2024). *Digital Twin dlia budivnytstva ta upravlinnia nerukhomistiu. Zapusk startapu pid chas viiny vid Urbanistyka Hub*. [Digital Twin for construction and property management. Launching a startup during wartime from Urbanistyka Hub] Pragmatika.Media. URL: <https://pragmatika.media/digital-twin-dlia-budivnytstva-ta-upravlinnia-nerukhomistiu-zapusk-startapu-pid-chas-vijny-vid-urbanistyka-hub/> (Last accessed: 29.09.2024) [in Ukrainian].
4. Herasymchuk, Z. V. (2008). *Rehionalna polityka staloho rozvytku: teoriia, metodolohiia, praktyka*. [Regional policy of sustainable development: theory, methodology, practice.] Nadstyria [in Ukrainian].
5. Koshova, S. (2024). Innovatsiini tendetsii stvorennia raketno-kosmichnoi tekhniky: aspekt publicnogo upravlinnia. [Innovative trends in the creation of rocket and space technology: a public administration aspect.] *Publichne upravlinnia: kontseptsii, paradyhma, rozvytok, udoskonalennia*, (7), 94–105. <https://doi.org/10.31470/2786-6246-2024-7-94-105> [in Ukrainian].
6. Kussul, N., Fedorov, O., & Shelestov, A. (2023). *Monitorynh dosyahnennya tsiley staloho rozvytku Ukrayiny za suputnykovymy danymy*. [Monitoring of sustainable development goals using satellite data.] *Naukova Dumka*. <https://doi.org/10.15407/978-966-00-1865-5> [in Ukrainian].
7. Parfentiev, I. O., & Mykhalchuk, T. H. (2016). Novi tekhnolohii shvydkoho ta ekonomichnoho zvedennia zhytlovykh budynkiv. [New technologies for fast and economical construction of residential buildings.] *Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunku v budivnytstvi*, (5), 25–31. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/stmrb_2016_5_6 (Last accessed: 02.09.2024) [in Ukrainian].
8. Pidorycheva, I. (2022). Yevropeyskyy doslidnytskyy prostir: novyy etap rozvytku ta

mozhyvosti intehtratsiyi Ukrainy u voyennyi i povoyennyi periody. [European research area: a new stage of development and opportunities for integration of Ukraine in the war and post-war periods]. *Economy of Industry*, 3(99), 5–40. <https://doi.org/10.15407/econindustry2022.03.005> [in Ukrainian].

9. Rodyna polehloho irpinchanyna Yaroslava Berezova otrymala pershyi v Ukraini budynok, nadrukovanyi na 3D-prynteri. [The family of the deceased Irpinchany Yaroslav Berezov received the first house in Ukraine printed on a 3D printer.] (2024). *SpaceMag*. URL: <https://spacemag.com.ua/fashion/news/rody-na-poleglogo-irpinchany-na-yaroslava-berezova-otrimala-pershyi-v-ukrayini-budynok-nadrukovanyi-na-3d-prynteri/> (Last accessed: 29.10.2024) [in Ukrainian].

10. Tiutina, L. (2021). Novitni tendentsii v arkhitekturi XXI st. [The latest trends in architecture of the 21st century.] *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, (59), 132–151. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2021.59.132-151> [in Ukrainian].

11. Tsikavi fakty pro nauku ta vynakhody – dyvovyzhni dosiahnennia vitchyznianskykh vchenykh. [Interesting facts about science and discoveries – extraordinary achievements of scientists.] (2024). *Novyny FAKT*. URL: <https://fact-news.com.ua/tsikavi-fakty-pro-ukrainsku-nauku-ta-vinaxody-divovizhni-dosyagnennya-vitchiznyanix-vchenix> (Last accessed: 30.09.2024) [in Ukrainian].

12. Alvarez, L. (2023). What is a SuperAdobe home, and why is it so special? *AmazingArchitecture*. URL: <https://amazingarchitecture.com/articles/what-is-a-superadobe-home-and-why-is-it-so-special> (Last accessed: 29.10.2024).

13. Amy Smith. (2024). *MIT D-Lab*. URL: <https://d-lab.mit.edu/about/people/amy-smith> (Last accessed: 15.09.2024).

14. Bliss, L. (2014). The New Alchemy: How Self-Healing Materials Could Change the World. *Bloomberg – Are you a robot?* URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-09-15/the-new-alchemy-how-self-healing-materials-could-change-the-world> (Last accessed: 04.09.2024).

15. Carbon Footprint Assessment: Case Studies for Hemp-Based Eco-Concrete Masonry Blocks. (2024). 14(10):3150. <https://doi.org/10.3390/buildings14103150>.

16. Challenges and progress in applying space technology in support of the sustainable development goals / D. Wood et al. (2024). *Acta Astronautica*, 219, 678–692. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2024.03.064>.

17. Chandler, N. (1970). How Has NASA Improved Solar Energy? *HowStuffWorks*. URL: <https://science.howstuffworks.com/innovation/nasa-inventions/nasa-improve-solar-energy.htm> (Last accessed: 02.09.2024).

18. Design for Second Life Innovations. (2024). *MIT D-Lab*. URL: <https://d-lab.mit.edu/innovation-practice/design-second-life-innovations> (Last accessed: 06.10.2024).

19. Fakharany, N. (2024). ICON Unveils Groundbreaking Construction Innovations at SXSW: Revolutionizing Building with Robotics, AI, and Sustainable Materials. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/1014514/icon-unveils-groundbreaking-construction-innovations-at-sxsw-revolutionizing-building-with-robotics-ai-and-sustainable-materials> (Last accessed: 05.09.2024).

20. Fiber Reinforced Polymer (FRP) Composites in Structural Engineering (2024). *TU Delft Online Learning*. URL: <https://online-learning.tudelft.nl/courses/frp-composites-in-structural-engineering/> (Last accessed: 05.09.2024).

21. Florian, M.-C. (2024). The Promise of Accessibility: Can Modular Systems Contribute to Democratizing the Design Process? *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/1015799/the-promise-of-accessibility-can-modular-systems-contribute-to-democratizing-the-design-process> (Last accessed: 01.09.2024).

22. Frearson, A. (2015). Foster + Partners reveals concept for 3D-printed Mars habitat. *Dezeen*. URL: <https://www.dezeen.com/2015/09/25/foster-partners-concept-3d-printed-mars-habitat-robots-regolith/> (Last accessed: 04.09.2024).

23. Ghisleni, C. (2024). What Are Vernacular Technologies? *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/1017464/what-are-vernacular-technologies> (Last accessed: 01.09.2024).

24. Harrouk, C. (2020, 25 Dec). An Underground House in Ukraine and an Extension for the Glasgow School of Art: 12 Unbuilt Projects Submitted by our Readers. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/943829/an-underground-house-in-ukraine-and-an-extension-for-the-glasgow-school-of-art>

[12-unbuilt-projects-submitted-by-our-readers](#) (Last accessed: 15.09.2024).

25. Havelar – Building Communities (2024). *Havelar*. URL: <https://www.havelar.com/> (Last accessed: 05.09.2024).

26. Hempire – budynky z konopel [Hempire – hemp buildings] (2024). *Hempire*. URL: <https://www.hempire.com.ua/> (Last accessed: 29.10.2024) [in Ukrainian].

27. ICON/BIG-Bjarke Ingels Group. (2012). Lunar Habitation. *Foster + Partners*. URL: <https://www.fosterandpartners.com/projects/lunar-habitation> (Last accessed: 03.09.2024).

28. De La Torre, L. B., & Wood, D. (2021). Exploratory Methods and Techniques for Space Technology Development. *MIT Media Lab*. URL: www.media.mit.edu/publications/exploratory-methods-and-techniques-for-space-technology-development-and-space-mission-concept-development (Last accessed: 29.10.2024).

29. *Locations*. (2024). Oceaneering | 60 Years of Solving the Unsolvable. URL: <https://www.oceaneering.com/locations/> (Last accessed: 29.10.2024).

30. Montjoy, V. (2021). Off-Site Construction is Radically Changing the Rules of Architectural Design. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/971874/off-site-construction-is-radically-changing-the-rules-of-architectural-design> (Last accessed: 02.09.2024).

31. NASA. (2024). URL: <https://www.nasa.gov/> (Last accessed: 30.08.2024).

32. NASA. (2024). In-Situ Resource Utilization (ISRU). URL: <https://www.nasa.gov/mission/in-situ-resource-utilization-isru> (Last accessed: 02.09.2024).

33. Parkes, J. (2022). Makhno Studio designs conceptual settlement within Martian crater. *Dezeen*. URL: <https://www.dezeen.com/2022/01/24/makhno-plan-c-mars-settlement-concept-architecture/> (Last accessed: 02.10.2024).

34. Patrick, M. (2019). Cosmopolitical bodies: An architecture of space. *Acta Astronautica*, 157, 215–224. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.12.003>.

35. Patrick, M., Grewal, G., Chelagat, W., & Shannon, G. (2020). Planetary health justice: feminist approaches to building in rural Kenya. *Buildings and Cities*, 1(1), 308–324. <https://doi.org/10.5334/bc.18>.

36. Sevtsuk, A. (2024). Street smarts. *MIT News | Massachusetts Institute of Technology*. URL: <https://news.mit.edu/2024/street-smarts-thriving-city-spaces-andres-sevtsuk-1215> (Last accessed: 15.10.2024).

37. SICSA. (2024). University of Houston – Sasakawa International Center for Space Architecture. *Sicsa*. URL: <https://sicsa.egr.uh.edu/> (Last accessed: 09.08.2024).

38. Souza, E. (2024). Extreme Architecture: Challenges and Solutions in Inhospitable Environments. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/1017783/extreme-architecture-challenges-and-solutions-in-inhospitable-environments> (Last accessed: 03.09.2024).

39. Technologist, M. P. I. (2024). Satellite Technologies as Public Interest Tech: an Interview with Danielle Wood. *The Public Interest Technologist*. URL: <https://technologist.mit.edu/pit-and-space-technology-danielle-wood/> (Last accessed: 09.08.2024).

40. *The Boeing Company* – Official Website. (2024). URL: <https://www.boeing.com/> (Last accessed: 09.08.2024).

41. *The International Space University* – Official website. (2024). URL: <https://www.isunet.edu/> (Last accessed: 09.08.2024).

42. Wood, D. (2017). Six space technologies we can use to improve life on Earth. *MIT Media Lab*. URL: <https://www.media.mit.edu/posts/6-space-technologies-we-can-use-to-improve-life-on-earth/> (Last accessed: 15.10.2024).

43. HAN Shuang. (2018, 8 Oct). MARS Case / OPEN Architecture. *ArchDaily*. URL: <https://www.archdaily.com/903434/mars-case-open-architecture>.

ANTONENKO I. V., AHLIULLIN R. M., VYSHNEVSKA O. V., KUZMENKO V. V.

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

INTEGRATING SPACE TECHNOLOGIES INTO UKRAINIAN ARCHITECTURAL DESIGN

Purpose: to investigate the process of implementation of space technologies in the field of Ukrainian architectural design, as well as to investigate the results of such implementation on both architectural design and technologies in construction.

Methodology. Information-research and visual-analytical approaches are used in combination with methods of systematization and comparative analysis regarding the use of space technologies in architectural design.

Results. The process of integrating space innovations into the field of architectural design is considered. It was determined that modularity, 3D printing and innovative materials used in space technologies are key factors that can be transformed into modern Ukrainian architectural design, and due to which it is possible to increase the reliability, energy efficiency and adaptation of design objects, in particular in cases of housing shortages (for refugees) or assistance to regions affected by natural (military) disasters. It is also demonstrated how the principles of vernacular architecture, traditionally based on local resources and methods, can be used in the future to shape modern buildings.

Scientific novelty. The possibility of using space technologies in Ukrainian architectural design was studied, the peculiarities of their application in practice were revealed. The peculiarities and difficulties of their implementation in the design process have been revealed.

Practical significance. The results of the research can be useful both for the development of design methods and techniques, and in other areas of research design for students, teachers and architects.

Keywords: space mission, modularity, new materials, regolith, high-speed 3D printing, design-projection, folk architecture, BIM modeling.

ІНФОРМАЦІЯ
ПРО АВТОРІВ:

Антоненко Ігор Володимирович, ст. викл. кафедри дизайну інтер'єру і меблів, Київський національний університет технологій та дизайну, ORCID 0000-0002-5762-1401, **e-mail:** tonn7171@gmail.com

Агліуллін Руслан Марселєвич, д-р філософії, доцент кафедри дизайну інтер'єру і меблів, Київський національний університет технологій та дизайну, ORCID 0000-0001-5923-2840, **e-mail:** marsdesign@gmail.com

Вишневська Олена Вячеславівна, доцент кафедри дизайну інтер'єру і меблів, Київський національний університет технологій та дизайну, ORCID 0000-0002-8579-6778, **e-mail:** elvish1010@gmail.com

Кузьменко Володимир Володимирович, аспірант, кафедра моди та стилю, Київський національний університет технологій та дизайну, ORCID 0000-0002-7983-1688, **e-mail:** kuzmenko.volodymyr.95@gmail.com

Цитування за ДСТУ: Антоненко І. В., Агліуллін Р. М., Вишневська О. В., Кузьменко В. В. Інтеграція космічних технологій у середовище українського архітектурного дизайну. *Art and design*. 2024. №4(28). С. 62–75.

<https://doi.org/10.30857/2617-0272.2024.4.5>

Citation APA: Антоненко, І. В., Агліуллін, Р. М., Вишневська, О. В., Кузьменко, В. В. (2024) Інтеграція космічних технологій у середовище українського архітектурного дизайну. *Art and design*. 4(28). 62–75.