

УДК 692.23:72

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.230221.102.724

ТИПОЛОГІЯ НОВІТНІХ ФАСАДНИХ СИСТЕМ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ПЛАСТИЧНУ МОВУ АРХІТЕКТУРИ XXI ст.

ТЮТІНА Л. В.^{1*}, *аспір.*,

ДАВИДОВ А. М.², *канд. арх., доц.*

^{1*} Кафедра теорії, історії архітектури та синтезу мистецтв, Національна академія образотворчого мистецтва та архітектури, вул. Вознесенський узвіз, 20, 04053, Київ, Україна, тел. +38 (050) 049-12-55, e-mail: tlubov93@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8485-1878

² Кафедра архітектурного проектування, Національна академія образотворчого мистецтва та архітектури, вул. Вознесенський узвіз, 20, 04053, Київ, Україна, тел. +38 (050) 049-12-55, e-mail: davydov.anatoliy@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2009-1491

Анотація. Постановка проблеми. Стаття розкриває питання еволюції засобів та прийомів, які впливають на вираження художньо-тектонічних властивостей архітектури XXI ст. у світлі науки, техніки та вимог часу. Коротко позначено вплив факторів середини XIX – початку XX ст., що дали поштовх на виокремлення фасаду як окремої автономної структури організму будівлі. Описано його трансформацію, насичення новими художніми якістьми та функціональною складовою. У контексті вітчизняної та світової архітектури наведено визначення класифікаційних ознак та надано комплексну характеристику фасадних систем, що застосовуються нині. Відтак великої ваги набуває питання визначення типології останніх сучасних систем. Малорозробленим та недослідженим бачиться огляд та класифікаційний аналіз інноваційних фасадних систем XXI століття. Ці дані існують фрагментарно і не структуровані належним чином. Стаття присвячена вирішенню цієї проблеми та ширшому розкриттю цього питання. **Мета** – проаналізувати існуючі різновиди фасадних систем та описати їх характеристичні якості, з'ясувати та визначити різні типи конструкцій зовнішніх огорожень архітектури цього часу. Узагальнення класифікації здобутків еволюції конструкцій зовнішніх огорожень демонструє вираження пластичної мови XXI століття. Мети досягнуто шляхом огляду фасадних систем XXI ст. згідно з їх видовими характеристиками та функціональним призначенням; проведенням аналітичної роботи; узагальненням даних та шляхом виведення структурної типології. **Висновок.** Архітектура XXI століття першочергово орієнтована не тільки на вирішення конструктивних, функціональних та художньо-філософських питань, її головними орієнтирами стають питання екології та енергоефективності. Для вирішення цих питань з'являються нові конструктивні системи та матеріали. Традиційне поняття «тектоніка» застосовується до художніх властивостей роботи конструкцій, але в сучасній архітектурі зазвичай самі конструкції приховані від спостерігача. Тому питання «тектоніки» в сучасній архітектурі ще не має однозначного розуміння, що потребує подальшого вивчення. Отже, наведені в статті типи конструкцій зовнішніх огорожень потребують подальшого, ширшого дослідження та визначення класифікаційних особливостей.

Ключові слова: *архітектурний фасад; тектоніка; будівлі-оболонки; пластична мова архітектури; будівельні матеріали; 3D-друк*

TYPOLOGY OF THE LATEST FACADE SYSTEMS AND THEIR INFLUENCE ON THE PLASTIC LANGUAGE OF ARCHITECTURE OF THE XXI CENTURY

TIUTINA L.V.^{1*}, *Postgrad. Stud.*,

DAVYDOV A.M.², *Cand. Sc. (Arch.), Assoc. Prof.*

^{1*} Department of Theory, History of Architecture and Synthesis of Arts, National Academy of Fine Arts and Architecture, 20, Voznesenskyi descent, 04053, Kyiv, Ukraine, tel. +38 (050) 049-12-55, e-mail: tlubov93@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8485-1878

² Department of Architectural Design, National Academy of Fine Arts and Architecture, 20, Voznesenskyi descent, 04053, Kyiv, Ukraine, tel. +38 (050) 049-12-55, e-mail: davydov.anatoliy@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2009-1491

Abstract. Raising the problem. The article reveals the issues of the evolution of means and techniques that affect the expression of the artistic and tectonic properties of architecture of the XXI century. The article notes the influence of the factors of the mid-19th – early 20th centuries, which gave impetus to the manifestation of the facade as a separate

autonomous structure of the building body. The question of determining the typology of the latest modern systems is becoming increasingly important. The review and classification analysis of innovative facade systems of the XXI century has been little studied. This data is fragmented and improperly structured. **Purpose.** The main goals of the article are to analyze the existing varieties of facade systems, describe their characteristic qualities, identify and define various types of external fencing structures in the architecture of the XXI century. The plastic language of modern architecture is expressed in the classification of the evolution of external enclosing structures. This goal will be achieved by studying the facade systems of the XXI century in terms of their specific characteristics and functional purpose; analytical work. **Conclusion.** The architecture of the XXI century is primarily focused on the issues of ecology and energy efficiency, which are the main landmarks for our time. New structural systems and materials address these issues. The traditional concept of "tectonics" is applied to the artistic properties of how structures work, but in modern architecture, the structures themselves are usually hidden from the viewer. Therefore, the issue of "tectonics" in modern architecture does not yet have an unambiguous understanding, which requires further study. So, the types of structures of external fences given in the article require further broader research and determination of their classification features.

Keywords: *architectural facade; tectonics; shells of buildings; plastic language of architecture; construction materials; 3D printing*

Постановка проблеми. Стаття розкриває питання еволюції засобів та прийомів, які впливають на вираження художньо-тектонічних властивостей архітектури ХХІ ст. у світлі науки, техніки та вимог часу. Коротко позначено вплив факторів середини ХІХ – початку ХХ ст., що дали поштовх на виокремлення фасаду як окремої автономної структури організму будівлі. Описано його трансформацію, насичення новими художніми якостями та функціональною складовою. У контексті вітчизняної та світової архітектури наведено визначення класифікаційних ознак та надано комплексну характеристику фасадних систем, що застосовуються на сьогодні. Відтак великої ваги набуває питання визначення типології останніх сучасних систем. Малорозробленим та недослідженим бачиться огляд та класифікаційний аналіз інноваційних фасадних систем ХХІ століття. Ці дані існують фрагментарно і не структуризовані належним чином. Стаття присвячена вирішенню цієї проблеми та ширшому розкриттю цього питання.

Аналіз публікацій. Серед останніх наукових доробок цікаві теоретичні дослідження К. Фремптона «Сучасна архітектура. Критичний погляд на історію розвитку», де зосереджено увагу на впливових чинниках формування архітектури ХІХ–ХХ століть; О. Гутнов «Світ архітектури. Мова архітектури» надає вагомі аргументи про зміну суті та значення зовнішніх огорожень будівель;

Т. Маклакова у публікації «Архітектура ХХ ст. Сучасна архітектураліка виконує аналіз розвитку архітектури ХХ століття; А. Ф. Лопатто «З історії вітчизняного залізобетону» висвітлює вплив розвитку будівельних технологій та матеріалів на архітектуру, враховуючи дослідження Беттіхера, який увів у теоретичну думку поняття «тектоніка».

У дослідженні О. Л. Нікіфорова та І. К. Бічева «Фасад, що продукує енергію» акцентують на енергетичних можливостях сучасних зовнішніх огорожень будівель. Надія Точилова в статті «"FLARE" – кінетична мембрана від WHITEvoid studio» висвітлює новаторські рішення кінетичних мембран, що можуть бути функціонально корисним та естетично якісним продуктом у формуванні пластичної мови архітектури ХХІ століття. Стаття О. В. Андрійчук «Застосування технологій 3D-друку в будівництві» характеризує фактори популяризації технологій 3D-друку будівель як одного зі сценаріїв розвитку архітектури майбутнього.

Мета і завдання статті. Стаття з'ясовує та визначає різні типи конструкцій зовнішніх огорожень архітектури ХХІ століття. Мета статті – проаналізувати існуючі різновиди фасадних систем та описати їх характеристики.

Узагальнена класифікація здобутків еволюції конструкцій зовнішніх огорожень демонструє вираження пластичної мови ХХІ століття.

Мети досягнуто шляхом огляду фасадних систем ХХІ ст. згідно з їх видовими характеристиками та функціональним призначенням; проведено аналітичну роботу; узагальнено характеристичні дані та виведено структурну типологію.

Виклад матеріалу. Незважаючи на величезну різноманітність архітектурних стилів і напрямків, усі будівлі, зведені з каменю або цегли, мають однакову конструктивну систему. А саме, зовнішні і внутрішні несні стіни або ряди колон, на які опираються елементи перекриття. Таку ж саму функцію виконувала і стійково-балкова система.

Матеріалом у будівництві були камінь або цегла, які завдяки своїм якостям добре працювати на стиск формували пластичну мову архітектури. Це була архітектура гравітації. Для цієї архітектури характерне традиційне розуміння законів тектоніки.

Теоретично поняття «тектоніка» увів К. Беттіхер тільки у середині ХІХ ст. [11], але саме розуміння взаємозв'язку та співвідношення архітектурних елементів було розвинуте з часом еволюцією будівництва. Система «художньої виразності роботи конструкції» формувалась із первісних суспільств та отримала статус закону в Античні часи як вираження роботи конструкції стійково-балкової системи, залишаючись тисячоліттями каноном та зразком для наслідування. Ордер став основним еталоном архітектоніки на довгі роки.

Антична архітектура, ренесанс, бароко, класицизм та еkleктика хоч і мають різні стилістичні характеристики, але їх зовнішні огороджувальні конструкції все одно підпорядковувались основним композиційним законам тектоніки ордеру. Знизу вгору навантаження стає меншим, що і було відображено в архітектурі. Ця особливість конструкції підкреслювалась масштабом та фактурою каменю від грубої та масивної до меншої та менш рельєфної.

Основоположником ордерної системи був римський архітектор та теоретик Вітрувій. Саме він у своєму трактаті

«10 книг про архітектуру» визначив головні особливості формування античних ордерів та сформував закони їх пропорцій. Трактат зберігся аж до ХV століття і був узятий за основу формування архітектури Відродження, в якому суспільство вирішило повернутись до античних ідеалів. І надалі архітектори зверталися до такого стародавнього засобу вираження пластики архітектури.

Використання цих законів сьогодні ми можемо побачити, наприклад на вул. Хрещатик у Києві, відбудованій після Другої світової війни. Це сталося завдяки використанню традиційних матеріалів та способів будівництва. І, звісно, самій ідеології, яка панувала в той час. Але вже з 60-х років ХХ сторіччя сталися зміни як у вітчизняній архітектурі, так і у всьому світі.

Треба зазначити, що людська звичка, яка пов'язана з консервативним мисленням, відтворює знову і знову класичні закони архітектоніки. Вони продовжують час від часу застосовуватись в архітектурі, де немає несної зовнішньої стіни. І тоді ми отримаємо декорацію. Ця тема потребує окремої статті.

Промислова революція, технічний прогрес ХVІІІ сторіччя зумовили формування архітектури, яка відрізняється, в першу чергу, іншими законами архітектоніки, та, як наслідок – пластичним вираженням. Обмеженість широкого застосування природних матеріалів та потреба в їх економії вимагали нової міцної конструкції, де витрата матеріалу буде мінімізованою. Так, на сходинах, започаткованих науковими дослідженнями ще в епоху Просвітництва (розробки Галілея), на початку ХІХ ст. виростає наука про опір матеріалів та починаються експерименти з використанням металу [4]. Технологічна еволюція вклинювала в будівництво нові матеріали: чавун, метал, а згодом і залізобетон, які мали в собі нові конструктивні якості та дали згодом нові можливості, що вплинули на ордерну канонічність, тектоніку та пластичну мову будівель.

Французький будівельник-самоук Франсуа Геннебік у 1892 р. патентує технологію використання залізобетону, яку застосовують і сьогодні. Менше ніж через 10 років партнер Геннебіка будує перший бетонний дорожній міст в Англії [9]. Це був один із перших кроків впливу на еволюцію будівельної сировини для архітектури.

Із середини XIX століття, у зв'язку з технічною та науковою революцією з'являються нові матеріали і потреби в суспільства. Це дає поштовх до створення нових конструктивних схем: монолітного залізобетонного та металевих каркаса.

Саме XX століття було наповнене подальшими соціальними та науково-технічними досягненнями. Особливості архітектури цього часу продукували глобалізацію, швидку зміну художніх настроїв та масовість будівництва. Це сталося завдяки зростанню індустріалізації та урбанізаційних трансформацій у всьому світі.

У XX столітті продовжується розширення палітри матеріалів: алюмінієві сплави, полімери, нові модифікації світлопрозорих конструкцій, різні види утеплювачів, різновиди металів, композитні матеріали. На базі цих винаходів у XX ст. інтенсивно розвивалися новітні форми несних і огорожувальних конструкцій. Вони дозволили задовольнити висунуті соціальним розвитком вимоги: створити економічно ефективні великопрогонові і висотні несні конструкції, легкі різноманітні і мобільні самонесні огорожі – зовнішні і внутрішні [5]. До всього цього розвивалась інфраструктура міст, вертикальний транспорт системи інженерного обслуговування будівельних об'єктів. Також архітектура зазнала впливу комп'ютерних технологій, що інтегрувались у неї наприкінці XX століття.

Сталася революція і в процесі проектування. У 1980-х з'явилися перші системи віртуального моделювання будівель (Radar CH як перша версія ArchiCAD, AutoCAD) та інші програми тривимірного моделювання (Rhinoceros 3D, Grasshopper 3D, 3D-max), які ускладнили та

вдосконалили як організацію будівель, так і пластичне вираження фасадів будівель.

Основна відмінність конструктивних систем XX ст. у тому, що зовнішня стіна будівлі перестала бути несною, а, отже, ми вже не можемо говорити про тектоніку стіни, її поверхні, а оцінюємо тільки пластичні якості.

Вираз Вітрувія про три основні принципи архітектури «Користь. Міцність. Краса» не втрачає своєї актуальності стосовно архітектури та реформується з новими можливостями. Потреба в міцності зовнішніх огорожень взаємопов'язана з користю, де економіка нового часу вимагала зменшення матеріалів, полегшення конструкцій. Це спричинило і продовжує надалі спонукати до появи нової естетики. «Мотив користі стимулює розвиток нової конструкції і породжує в результаті нове розуміння краси» [2].

Нові зовнішні огороження з розвитком суспільства вимагають додавання тієї чи іншої корисної функціональної складової. Один із найбільш значущих факторів впливу на вигляд архітектурної споруди сьогодні – це енергоефективність, яка диктує вимоги до зовнішнього вигляду.

Варто зазначити, що в практиці залишилась і традиційна конструктивна система, особливо для малих об'єктів, з несними зовнішнім огороженням (тип 1). У такому випадку поверхня стіни зазвичай декорується по утеплювачу різними матеріалами. Справа в тому, що камінь, цегла або бетон, крім своєї конструктивної якості, повинні забезпечити комфортне середовище внутрішнього простору. Але для цього необхідно більше матеріалу, ніж потребують конструктивні розрахунки. Тому зовнішні стіни утеплюються і декоруються. Таким чином, навіть за використання стін із традиційних природних матеріалів ми рідко бачимо їх справжніми.

Практика XXI століття демонструє поширення двох основних схем зовнішніх огорожувальних конструкцій. Перша – будівлі з навісними зовнішніми елементами (тип 2). Друга – будівлі-оболонки, де

зовнішня конструкція незалежна від внутрішньої (тип 3).

Для розуміння типології огорожувальних поверхонь, або, як зазвичай висловлюються, «фасадів», зазначимо, що основні конструктивні схеми сьогодні такі:

1. Тип 1. Будівлі з несими зовнішніми стінами, або традиційні.

2. Тип 2. Будівлі з внутрішнім, або зовнішнім каркасом.

3. Тип 3. Будівлі-оболонки.

Будівлі типу 2 відрізняються зовнішньою конструкцією стіни. Вона може бути самонесною з подальшим оформленням, або навісною. Найбільш популярні фасади із світлопрозорими (склопакетами) та непрозорими («сендвіч») панелями, які відрізняються матеріалами, технологіями та функціональним призначенням; можуть бути плоскими, об'ємними, різнокольоровими та різнофактурними.

Будівлі-оболонки (тип 3) у своїй більшості це громадські споруди. Їх специфіка в тому, що зовнішня оболонка, яка має свою конструкцію, не є відображенням внутрішньої функціональної та об'ємної структури будівлі. Це добре видно в роботах Френка Геррі, Захи Хадід, Рема Колхаса, Даніеля Лібескінда та інших сучасних архітекторів. Можна віднести до цього типу і будівлю Опері в Сідней архітектора Йорна Уотсона. На перерізах цих споруд добре видно відмінності в формуванні зовнішньої та внутрішньої конструкції.

Існують і приклади будівель із зовнішнім несним каркасом. Це характерно до так званого стилю хай-тек як ілюстрація новітніх досягнень: центр Помпіду в Парижі (архітектор Роджерс), банк у Гонконгу (арх. Піано), «Херст» у Нью-Йорку (арх. Фостер), здебільшого роботи Калатрави. Але все ж вимоги енергозбереженості, боротьба з «містками холоду» спонукають до архітектурно-просторової композиції, коли глядач бачить «одяг», а не конструктивне «тіло».

Саме сучасна архітектура змінює наше розуміння архітектоніки, завдяки різноманітності матеріалів, які ми бачимо на фасадах будівель.

Розвиток технологій не зупиняється. З'явилися динамічні, кінетичні фасади, елементи яких реагують на світло, на погоду загалом (арх. Нувель). Новим стало використання фасадів як телеекранів – «медіафасади»

Новою різновидністю навісних фасадів можна назвати біофасади (фасади зеленої архітектури), де застосовується озеленення, яке замінює і в той же час формує зовнішню стіну. Електростанція Mediodia, що в Мадриді, відреставрована на художній центр Кайша Форум Мадрид, стала знаменитою завдяки своєму гармонічно вписаному в навколишнє середовище вертикальному саду [3]. Швейцарська компанія ETH Zurich розробила «розумні фасади» із сонячних батарей, які не тільки генерують електрику із сонячного світла, а й, рухаючись, затінюють приміщення, досягаючи ідеального енергетичного балансу – рівною мірою здійснюють обігрів та охолодження будинку [10].

Екологічні питання зумовили також появу фасадних систем, що здатні продукувати енергію [6]. Ця практика поширена для «розумних» житлових та громадських будівель. Концепція такого типу полягає у знаходженні альтернативних джерел енергії (сонячні батареї, біо-організми і тощо). У Брюсселі збудували нову штаб-квартиру Управління навколишнього середовища з інтегрованими у фасади сонячними панелями [7].

Віднедавна за новими віяннями часу з'явилися так звані активні фасади, або динамічні, де елементи приводяться в рух відносно систем параметричного програмування, до яких може бути підключена реакція на зовнішні чинники: сонце, вітер тощо. У 2008 році Берлінська дизайнерська студія WHITEvoid представила свій первинний прототип "FLARE" – кінетичні мембрани, що реагують на зміни в навколишньому середовищі та створюють динамічну

поверхню. Ця модульна система здатна надати рух будь-якій стіні або будівлі загалом [12].

Розвиток технології 3D-друку активно впроваджується в будівництво. Над цим активно працюють США, Китай, ОАЕ. Поки що за такими технологіями можна побудувати двоповерхові будівлі, але провідні компанії прагнуть їх ширшого застосування – будівництва хмарочосів, мостів та ін. Тривимірний друк будівель виявляється досить ефективним: технологія допомагає зберегти 30...60 % будівельних відходів, зменшує затрати праці на 50...80 % та в цілому знижує вартість будівництва на 50...60 %. Також знижується потреба у великогабаритному підйомному обладнанні, будівельні майданчики майбутнього стануть менш шумними та більш чистими. Тим паче це новий вид задіяння матеріалів, якими можуть бути навіть відходи [1].

Проект житлового будинку в Нанті (Франція) спершу був розроблений командою архітекторів та вчених, а потім запрограмований у 3D-принтер. Ідею звести будинок за допомогою 3D-принтера

запропонував вчений Бенуа. Він вважає, що через п'ять років вартість будівництва таких споруд збільшиться на 25 %, а через 10...15 років – на 40 %. Це частково пояснюється тим, що технологія стає все більш досконалою та дешевшою, а частково завдяки ефекту масштабу, оскільки 3D-принтери в будівництві використовують все частіше [8].

Висновки. Архітектура XXI століття орієнтована не тільки на вирішення конструктивних, функціональних та художньо-філософських питань. Головними стають питання екології та енергоефективності. Для вирішення цих питань і з'являються нові конструктивні системи та матеріали.

Традиційне поняття «тектоніка» застосовується до художніх властивостей роботи конструкцій, але в сучасній архітектурі зазвичай самі конструкції приховані від спостерігача. Тому питання «тектоніки» в сучасній архітектурі ще не має однозначного розуміння, тож потребує подальшого вивчення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрейчук О. В. Применение технологий 3D печати в строительстве. *Современные технологии и методы расчета в строительстве*. 2015. Вып. 3. С. 11–18.
2. Гутнов О. Е. Мир архитектуры : язык архитектуры. Москва, 1985. 352 с.
3. Кайша Форум : веб-сайт. URL: <https://planeta.turtella.ru/spain/madrid/p1264268>
4. Лопатто А. Ф. Из истории отечественного железобетона. Москва, 1969. 104 с.
5. Маклакова Т. Г. Архитектура двадцатого века. Москва : изд-во Ассоциации строительных вузов, 2000. 221 с.
6. Никифоров О., Бичер И. Фасад, продуцирующий энергию. *Современное промышленное и гражданское производство*. Вып. 8. 2012. С.167–175.
7. В Брюсселе построили офисный центр с интегрированными в фасады солнечными панелями : веб-сайт. URL: <https://ecotown.com.ua/news/U-Bryusseli-pobuduvaly-ofisnyy-tsentr-z-intehrovanymy-u-fasady-sonyachnymy-panelyamy/> (дата звернення: 15.11.2020).
8. Во Франции построили первый в мире дом, напечатанный на 3D-принтере : веб-сайт. URL: <https://ms.detector.media/it-kompanii/post/21455/2018-07-12-u-frantsii-zveli-pershii-u-sviti-budinok-nadrukovanii-na-3d-printeri/> (дата звернення: 5.12.2020)
9. Ремптон К. Современная архитектура. Критический взгляд на историю развития. Москва : Стройиздат, 1990. 535 с.
10. В Швейцарии разработали «умный фасад» из передвижных солнечных панелей : веб-сайт. URL: <https://ecotech.news/architecture/398-u-shvejtsarii-rozrobili-rozumnij-fasad-z-rukhomikh-sonyachnikh-panelej.html> (дата звернення: 12.10.2020).
11. Bötticher K. Die Tektonik der Hellenen. Pötsdam, 1852.
12. "FLARE" – кінетична мембрана від WHITEvoid studio : веб-сайт. URL: http://architime.ru/specarch/white_void/flare.htm#8.jpg (дата звернення: 10.06.2020)

REFERENCES

1. Andreychuk O.V. *Primenenie tehnologij 3D pechaty v stroitel'stve* [Application of 3D printing technologies in construction]. *Sovremennye tehnologii i metody rascheta v stroitel'tve* [Modern technologies and methods of calculation in construction]. 2015, no. 3, pp. 11–18. (in Russian)
2. Gutnov O.Yev. *Mir arhitektury : yazyk arhitektury* [The world of architecture : the language of the architecture] Moscow, 1985, 352 p. (in Russian).
3. *Kaysha Forum*. URL: <https://planeta.turtella.ru/spain/madrid/p1264268> (in Russian)
4. Lopatto A.F. *Iz istorii otechestvennogo zhelezobetona* [From the history of domestic reinforced concrete]. Moscow, 1969, 104 p. (in Russian)
5. Maklakova T.G. *Arhitektura dvadcatogo veka* [Twentieth century architecture]. Moscow : izd-vo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2000, 221 p. (in Russian)
6. Nikiforov O. and Bicher I. Fasad, produciroyuschij `energiyu [Facade that produces energy]. *Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe proizvodstvo* [Modern industrial and civil production]. 2012. no. 8, pp. 167–175. (in Russian)
7. *V Bryussele postroili ofisnyj centr s integrirovannymi v fasady solnechnymi panelyami* [An office center with solar panels integrated into the facades was built in Brussels]. URL: <https://ecotown.com.ua/news/U-Bryusseli-pobuduvaly-ofisnyy-tsentr-z-intehrovanyy-u-fasady-sonyachnyy-panelyamy/> (data zvernennya: 15.11.2020). (in Russian)
8. *Vo Francii postroili pervyj v mire dom, napechatannyj na 3D-printere* [In France, built the world's first house printed on a 3D printer]. URL: <https://ms.detector.media/it-kompanii/post/21455/2018-07-12-u-frantsii-zveli-pershii-u-sviti-budinok-nadrukovanii-na-3d-printeri/> (data zvernennya: 5.12.2020). (in Russian)
9. Frempton K. *Sovremennaya arhitektura. Kriticheskij vzglyad na istoriyu razvitiya* [Modern architecture. A critical look at the history of development]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1990, 535 p. (in Russian)
10. *V Shvejtsarii razrabotali «umnyj fasad» iz peredvizhnyh solnechnykh panelej* [Switzerland has developed a "smart facade" of movable solar panels]. URL: <https://ecotech.news/architecture/398-u-shvejtsarii-rozrobili-rozumnij-fasad-z-rukhomikh-sonyachnykh-panelej.html> (data zvernennya: 12.10.2020). (in Russian)
11. Bötticher K. *Die Tektonik der Hellenen*. Pötsdam, 1852. (in German)
12. *"FLARE" – kinetichna membrana vid WHITEvoid studio* ["FLARE" – kinetic membrane from WHITEvoid studio]. URL: http://architime.ru/specarch/white_void/flare.htm#8.jpg. (data zvernennya: 10.06.2020). (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 09.12.2020.