

Проценко О. М.<sup>1</sup>, Черкашина Ж. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет будівництва та архітектури,  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: l696236@ukr.net)

<sup>2</sup>Національний юридичний університет ім. Ярослава Мудрого  
(вул. Пушкінська, 77, Харків, 61024, Україна; e-mail: zhanpa\_cherckazhina@ukr.net;  
orcid.org/0000-0003-3506-2503)

## АНАЛІЗ ГЕОМЕТРІЇ ПАТТЕРНА В ОСВІТНЬОМУ КОНТЕКСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ІНОЗЕМНИХ СТУДЕНТІВ АРХІТЕКТОРІВ

У наш час архітектори, і студенти особливо, оперують складними просторовими формами. Для того, щоб обґрунтувати можливість реалізації цих геометричних форм у вигляді будівельних споруджень необхідно виконувати так звану «панелізацію» або розбиття поверхні оболонки на панелі, використовуючи, за можливостю, плоскі квадратні паттерни. У проектуванні - це проста побудова або заготівка, що дає розв'язання проблеми в межах будь-якого контексту або ситуації. Науковий підхід до «формування паттернів» розглядає результат процесу самоорганізації, загальні характеристики та принципи, які лежать в підґрунті створення аналогічних паттернів. Виявлення основних паттернів називається «розпізнанням образів». Якщо, як у випадку природних систем, форма та паттерн виникають із процесів самоорганізації, суперечливим залишається питання, наскільки суворо відмінність між цими двома поняттями. Використовуючи таксономію звичайних ісламських мотивів, які можуть бути вписані в правильні багатокутники, можна створити повний набір періодичних конструкцій параметричних орнаментів. У статті проаналізовано історично утворену геометрію національної архітектури.

**Ключові слова:** форма, паттерн, геометрія, іноземні студенти, архітектори, національна архітектура.

**Вступ.** Розвиток орнаменту у світовій архітектурі починається від цивілізації Давніх часів, коли орнамент слугував для уособлення уявлень людини про ієрархічний зв'язок усього живого у Світі. Особливо це стосується щодо мусульманської архітектури та мистецтва. Більше ніж тисячу років тому ісламські ремісники почали прикрашати архітектурні поверхні геометричними візерунками. Йшли століття, і ця практика перетворилася в складну систему геометричного орнаменту, яка удосконалювалася слідом за поширенням ісламської культури в Африці, Європі та Азії. Візерунок часто отримував свою геометрію за результатом розбивки площини шаблонами у формі зірок, які стали називати «скупченням ісламських зірок». І сьогодні архітектурні пам'ятки в таких місцях, як Гранада, Іспанія й Ісфахан демонструють художню майстерність, що була досягнута цими прадавніми ремісниками.

**Матеріали досліджень.** У рамках публікації розглянуто існуючі підходи й методики до проектування паттернів у межах самої архітектурної дисципліни. Так у наш час архітектори, і студенти особливо, оперують складними просторовими

формами. Для того, щоб обґрунтувати можливість реалізації цих геометричних форм у вигляді будівельних споруджень, необхідно виконувати так звану «панелізацію» або розбиття поверхні оболонки на панелі, використовуючи, за можливістю, плоскі квадратні паттерни.

Паттерн ( від англійського «pattern» - зразок, шаблон) має різний вжиток залежно від дисципліни або технології. Загальну або математичну теорію паттернів було створено Ульфом Гренандером в 1993 році. Паттерн в інформатиці означає шаблон або заготівлю для вирішення певного класу завдань програмування, у психології – це набір стереотипних поведінкових реакцій, що належать до одного класу об'єктів. Паттерн у технічному аналізі – характерний елемент, що повторюється на ділянці графіку якого-небудь розподілення. Теорія просторових паттернів широко використовується при розробці систем розселення, у містобудуванні і т.п. У загальному випадку паттерн - це візерунок або геометричний об'єкт, що неодноразово повторюється в системі. У проектуванні - це проста побудова або заготівка, що дає розв'язання проблеми в рамках деякого контексту або ситуації. В 1970-ті

роки архітектор Кристофер Олександр склав типологію паттернів для проектування. Його «архітектурні паттерни» складаються з 253 шаблонів просторових структур, що представлено у вигляді діаграм.

Кожна побудова шаблону – паттерну має в основі свою геометрію, підкоряється своїм законам. Але основою всіх побудов із упевненістю можна вважати регулярні розбивки. Результатом є набір з одинадцяти різних розбивок, який також відомий як «паркет Архімеда». З безлічі правильних розбивок можна виділити регулярні паркети, які є результатом базових операцій у контексті аналізу й покрокової геометризації найпоширеніших шаблонів, що використовуються у класичних ісламських орнаментах.

**Методи досліджень.** Далі проаналізовано геометрію шаблону (паттерна) у контексті вивчення даного питання студентами – архітекторами, зокрема, студентами-іноземцями, які сповідують іслам і в країні свого постійного проживання оточені образами ісламської культури та мистецтва. На рис. 1 як приклад для аналізу наведено традиційні геометричні паттерни, що належать до основ ісламських орнаментів.

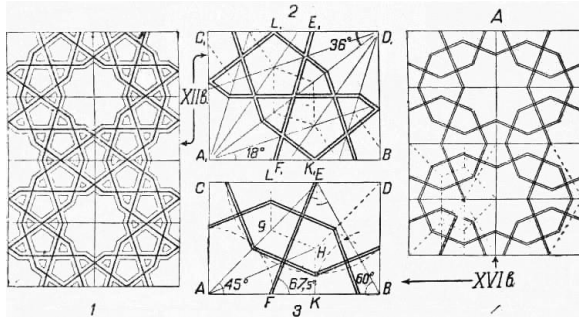


Рис. 1. Традиційні геометричні паттерни, що належать до основ ісламських орнаментів.

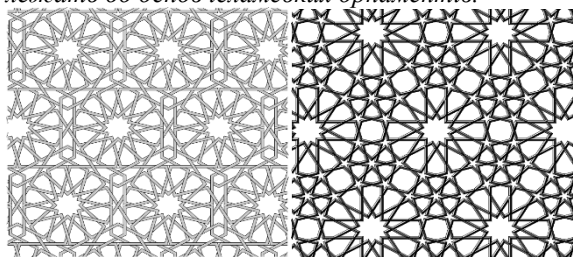


Рис. 2. Деякі приклади паркетних побудов, що засновано на відомих розбивках, які використовуються для побудови ісламського орнаменту.

Підхід, що заснований на розбивці вихідної сітки допоміжними лініями, було уперше сформульовано на заході

геометром Хенкіным у першій половині двадцятого сторіччя. Він детально описав своє відкриття й дав безліч прикладів історичного застосування даної техніки в ісламській архітектурі. Метод Хенкіна являє собою відмінний приклад початку алгоритмічного підходу до побудови орнаментів. Для створення такого роду паттернів, необхідно покрити поверхню, що декорується, мережею, що складається із правильних або напівправильних полігонів, без розривів. Потім із центрів боків кожного з багатокутників, під певним кутом, проводять два промені. Щодо центру ребра багатокутника ці промені утворюють букву «Х» і подовжуються до перетинання з іншими такими ж лініями з аналогічних центрів. Така побудова утворює новий паттерн, що відмінний від вихідної сітки. Метод Хенкіна передбачає створення простого алгоритму, що заснований на побудові променів, які «зростають» із середин сторін багатокутників, що розрізняються в точці взаємного перетину. При цьому буква Х, що утворена променями щодо центрів боків багатокутників, найбільш точно відповідає геометричним правилам ісламських орнаментів. Точки, у яких ребра перетинаються з іншими ребрами, завершують увесь дизайн бівалентними верхівками. Програмна реалізація методу «зростаючих ребер» використовує вихідну сітку й кут нахилу променів як вхідні дані і створює новий мотив на основі цієї плитки, використовуючи заданий кут нахилу. Після застосування операції до кожного багатокутника в розбивці виникають зірчасті паттерни. На рис. 3 наведено схему створення шаблону. Перший крок методу Хенкіна має на увазі побудову пари променів щодо центру кожного ребра вихідного багатокутника. Кожне окреме ребро багатокутника, що належить до основи паркету, що представлений на рис. 3, має два промені, кожен з яких утворює кут перетину ( $\theta$ ) із прилеглим ребром.

Використовуючи наведений шаблон, одержуємо варіанти послідовностей наповнення паркету, як показано на рис. 4. Сітка ліворуч показує вихідну розбивку (а). Промені ростуть із центрів кожного ребра багатокутника (б), і пролягають до перетинання

## Серія «АРХІТЕКТУРА»

з іншими променями відповідно до логіки алгоритму (с). Якщо видалити вихідну розбивку, то в результаті можна побудувати новий орнамент, що має за основу ісламський зірчастий паттерн (г).

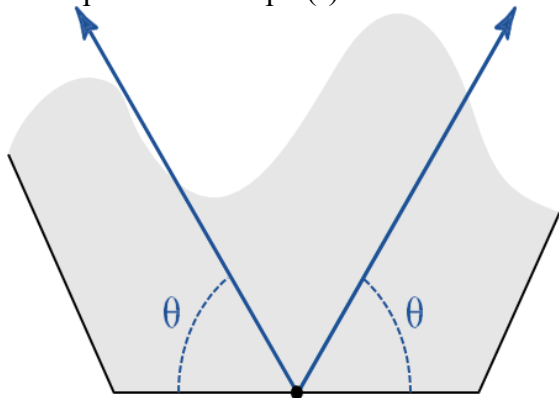


Рис. 3. Схема створення шаблону

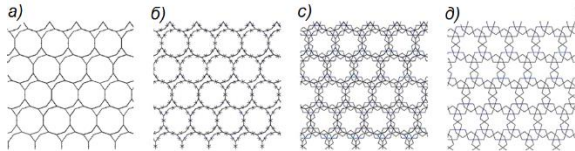


Рис. 4. Демонстрація методу Хенкіна.

На практиці, цей алгоритм працює дуже добре з безліччю типових плиткових форм на основі шаблонів вихідних розбивок. Особливо він демонструє гарні результати із правильними багатокутниками, за результатом чого виникають зірчасті мотиви.

На рис. 5 розглянуто приклади зірчастих паттернів, що сконструйовано на основі методу Хенкіна. Кожен ряд показує вихідний шаблон розбивки разом із трьома дизайнами, які було отримано на його основі, використовуючи три різні значення кутів сполучення. Нижній ряд демонструє цікаву розбивку, що отримано на основі напівправильних багатокутників. Цю побудову було відтворено Шепардом (Shephard), який використовував її як нагадування про небезпеку надмірної залежності від геометричних фігур. Аналогічний дизайн паркету був отриманий Бургоїном (Bourgoin).

Подальшим удосконаленням методу є можливість поділу вихідної точки побудови на дві, як показано на рис. 6. Такий поділ може бути здійснений шляхом додавання в існуючий алгоритм другого параметру ( $\delta$ ), який задає відстань між новими початковими точками вихідних променів. Параметр  $\delta$  може змінюватися від нуля

(роблячи тим самим початкову конструкцію) до значення довжини ребра багатокутника в розбивці.

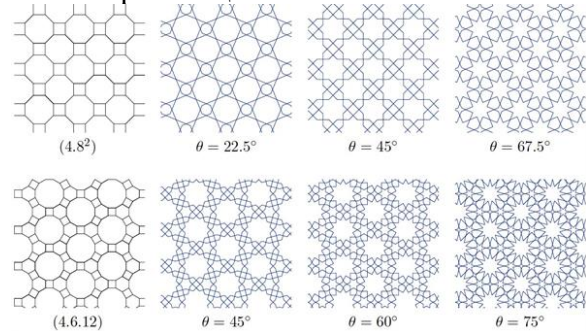


Рис. 5. Приклади зірчастих паттернів, що сконструйовано за основою методу Хенкіна.

Така конструкція дає те, що Боннер (Bonner) називає «паттерном із двома точками», набір дизайнів, який є історично важливим елементом у мистецтві ісламу. Приклади паттернів із двома крапками, що сконструйовано з використанням параметра  $\delta$ , представлено на рис. 7. Дизайни, що отримано на базі двоточкових паттернів, як правило, складаються з дуже коротких відрізків, що утворюють зашморг навколо окремої вершини розбивки, яка лежить на ребрі вихідного багатокутника.

На рис. 6 показано, яким чином величина ( $\delta$ ) може бути використана в методі Хенкіна. Вихідна позиція розбита на дві, у результаті чого одержуємо два промені, чії початкові точки розділено відстанню ( $\delta$ ). Різні геометричні мотиви можуть бути отримані в дизайні орнаментів шляхом варіювання параметра  $\delta$  на основі вихідних шаблонів.

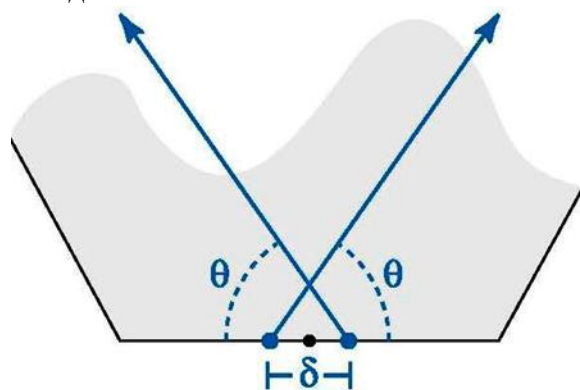


Рис. 6. Візуалізація того, яким чином величина ( $\delta$ ) може бути використана в методі Хенкіна

Приклади двоточкових зірчастих паттернів, що сконструйовано на основі методу Хенкіна, наведено на рис. 7. Кожен ряд показує вихідний шаблон

розбивки, зірчастий паттерн із  $\delta = 0$ , що й відповідає двоточковому паттерну із ненульовим значенням  $\delta$ .

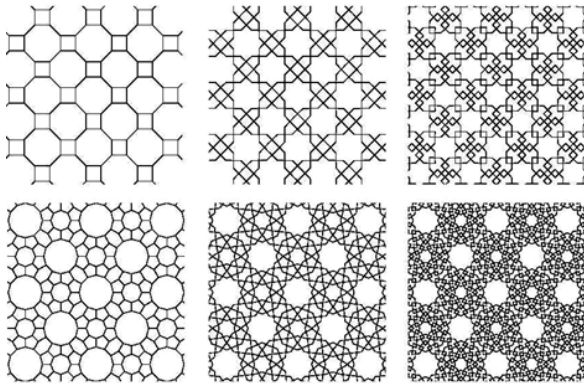


Рис. 7. Приклади двоточкових зірчастих паттернів.

У випадку застосування до правильних багатокутників представлений алгоритм побудови буде завжди робити зірки. Коли безліч правильних багатокутників збираються в орнаментальний паркет, результатом є паттерн, що містить безліч зірок. Цей простий процес може, таким чином, бути застосований до великої різноманітності добре відомих розбивок для створення дизайнів, які будуть легко пізнавані в рамках традиційного підходу до зірчастих паттернів. Паркетні трансформації є частиною орнаментального дизайну, створеного Вільямом Хаффом (William Huff), професором архітектурного дизайну, і в подальшому популяризовані Хофштадтером (Hofstadter) у журналі «Scientific American». За своєю суттю вони є «просторовою анімацією», тобто геометричною конструкцією, яка реалізує плавний перехід скоріше у просторі, ніж у часі, від деякого початкового до кінцевого стану. Ці транзитивні орнаменти безпосередньо пов'язані з «Метаморфозами» Ешера (Escher's Metamorphosis), однак на відміну від його робіт, вони являють собою чисту абстракцію, геометричну композицію. Метод Хенкіна може бути використаний у якості основи для простого, але дуже ефективного способу конструювання ісламських паттернів у дусі транзитивних орнаментів. На рис. 8 представлено смуги шаблонів з початковою розбивкою, до яких застосований модифікований алгоритм, у якому кут у кожній точці перетинання визначений залежно від розташування даної точки в рядку.

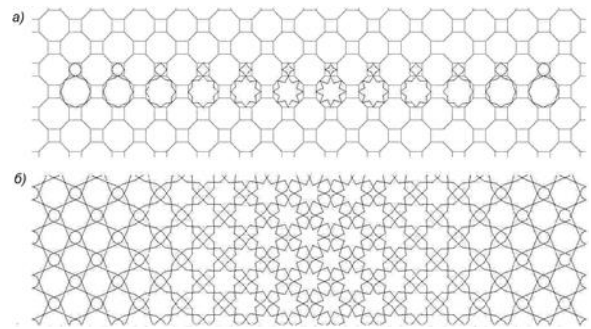


Рис. 8. Конструювання транзитивного ісламського паркету, заснованого на методі Хенкіна.

Плавна зміна величини кута приводить до поступової зміни геометрії дизайну, який, проте, сприймається як ісламський орнамент. Процес конструювання транзитивного орнаменту представлено на рис. 8. Верхній ряд (а) демонструє ефект від безперервного варіювання кута нахилу променя, залежно від координат х початкової точки променя в дизайні орнаменту. У результаті поширення процесу побудови на всі інші елементи, виникає дизайн, представлений у другому ряду (б).

Використовуючи таксономію звичайних ісламських мотивів, які можуть бути вписані в правильні багатокутники, можна створити повний набір періодичних конструкцій параметричних орнаментів. Почнемо з періодичної розбивки, що містить правильні багатокутники, з додаванням у міру необхідності напівправильних полігонів для заповнення прогалін. У правильному N-Косинці з кількістю сторін  $n > 4$  розмістимо n-кратну зірку, розетку або зірчастий шаблон, і повторимо цей мотив для кожного n-косинця паркету. Конструкція розміщується так, що її точки поділяють навпіл ребра n-косинця. Результатом є дизайн, що представлено на рис. 9. Залишилися невеликі прогалини з нерозміщеним візерунком, які відповідають квадратам вихідного шаблону. Кожне ребро квадрата примикає до грані восьмикутника, так що верхівка візерунка розташовується на його ребрі. Наявність цих верхівок дозволяє використовувати техніку заповнення порожнеч, що описано раніше, шляхом продовження сегментів ліній до перетинання з аналогічними лініями усередині порожніх полігонів.

Вихідну розбивку на базі восьмикутника та квадрата презентовано на рис. 9, а, розміщення восьми променевих

розеток у восьмикутнику з побудовою променів за методом Хэнкіна у квадратах. Розетку скопійовано в усі восьмикутники на рис. 9, б, а лінії з неприєднаних верхівок продовжено в межі між розетками (вихідні квадрати) доти, доки вони не перетнуться на рис. 9, с.

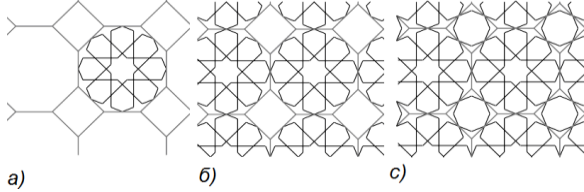


Рис. 9. Вихідна розбивка на базі восьмикутника та квадрата

**Висновки.** Таким чином, проаналізувавши геометрію створення шаблону орнаменту можна припустити, що структуру паттернів орнаменту тісно пов'язано із закономірними базовими геометричними побудовами й, незважаючи на складну й вигадливу конфігурацію остаточного результату, у процесі навчання необхідно проводити сувору міждисциплінарну паралель із історією мистецтв, з особливостями національної спадщини та культури і використовувати методи ейдетики (асоціацій) для розуміння процесу геометризаци орнаменту.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Функция, конструкция, форма и эстетическая ценность. веб-сайт. URL: <http://bogert.livejournal.com/234111.html>.
2. Гутнов А.Э. Мир архитектуры. М.: Молодая гвардия, 1985. 352 с.
3. Глазычев, В.Л. Функция – конструкция – форма. веб-сайт. URL: [http://www.glazychev.ru/publications/articles/1965\\_fkf.htm](http://www.glazychev.ru/publications/articles/1965_fkf.htm).
4. Карпухин, О.А., Надыршин Н.М. Концепция параметрического орнамента в дизайне. *Дизайн Ревю*. 2013. №3-4. С.134-138.
5. Kohler M. Veiling. *Forward 209. The Architecture and Design Journal of the National Associates Committee*. 2009. P. 5-9.
6. Gramazio F., Kohler M. *Digital Materiality in Architecture*. Zürich: Lars Müller Publishers GmbH, 2008. P.179-199.
7. Parametricism as Style – Parametricist Manifesto. веб-сайт. URL: <http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20Style.htm>.
8. Медведев Н. Н. Метод Вороного-Делоне в исследовании структуры некристаллических систем. Новосибирск: Российская Академия Наук, Сибирское Отделение, 2000. 214 с.
9. Hankin E.H. *The Drawing of geometric Patterns in Saracenic Art*. Government of India: Memoirs

- of the Archaeological Society of India. 1925. No. 15. 28 p.
10. Bonner J. *Geodazzlers-Eighteen Ornamental Polyhedra for Easy Construction*. Design Science Toys Publishing, ASIN: B0010OMLLQ. 1997.
11. Bourgojn, J. *Arabic Geometrical Pattern and Design*. (Dover Pictorial Archive). Dover Publications. 1973. 208 p.
12. Kaplan C. S. Computer generated Islamic star patterns. *Proc. Bridges 2000: Mathematical Connections in Art, Music and Science*. 2000.
13. Kaplan C. S., Hart G. W. 2001. Symmetrohedra: Polyhedra from Symmetric Placement of Regular Polygons. *Proc. of Bridges 2001: Mathematical Connections in Art, Music, and Science*. Southwestern College, Winfield, Kansas, July 2001, P. 21-29.
14. Grunbaum B., Shephard G. C. *Tilings and Pattern*. Dover Publications; 2 edition. 2016. 720 p.
15. Геллер Я.Н., Печерцев А.А., Проценко Е.М. Волосюк М.А. Детализация некоторых аспектов концепции моделирования. *Науковий вісник будівництва*. 2015. № 2 (80). С. 292-296.
16. Герасименко В.В, Ачкасов, Ю.А, Проценко Е.М. Визуализация метрических и позиционных задач формообразования. *Науковий вісник будівництва*. 2014. №1(75) С. 28-33.

**Проценко Е.М., Черкашина Ж.В. АНАЛИЗ ГЕОМЕТРИИ ПАТТЕРНА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ КОНТЕКСТЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ-АРХИТЕКТОРОВ.** В настоящее время архитекторы, и студенты в особенности, оперируют сложными пространственными формами. Для того, чтобы обосновать возможность реализации этих геометрических форм в виде строительных сооружений необходимо производить так называемую «панелизацию» или разбиение поверхности оболочек на панели, используя, по возможности, плоские квадратные паттерны. В проектировании – это простое построение или заготовка, дающая решение проблемы в рамках некоторого контекста или ситуации. Научный подход к «формообразованию паттернов» рассматривает результат процесса самоорганизации, общие характеристики и принципы, которые лежат в основе образования аналогичных паттернов. Выявление основных паттернов называется «распознаванием образов». Если, как в случае природных систем, форма и паттерн возникают из процессов самоорганизации, спорным остается вопрос, насколько строго различие между этими двумя понятиями. Используя таксономию обычных исламских мотивов, которые могут быть вписаны в правильные многоугольники, можно создать полный набор периодических конструкций параметрических орнаментов. В статье проанализирована исторически сложившаяся геометрия национальной архитектуры.

**Ключевые слова:** форма, паттерн, геометрия, иностранные студенты, архитекторы, национальная архитектура.

**Protsenko E., Cherkashyna Zh. THE PATTERN GEOMETRY ANALYSIS WITHIN THE EDUCATIONAL TRAINING OF NON-IMMIGRANT STUDENTS MAJORING IN ARCHITECTURE.**

At the present moment architects and students in particular operate with complex spatial shapes. The so-called “panelization” or partitioning of the shell surface on the panel, using, when applicable, flat square patterns are required for substantiating the possibility of the mentioned geometric shapes implementing in the form of building structures. In the design sphere it includes simple elaboration or the template which provides the problem solution within a certain context or situation. Scientific approach to “pattern shape

making” considers the outcome of the self-organization process, the general features and principles that are the bedrock of similar pattern development. Signification of the basic patterns is called the “pattern recognition”. If the shape and pattern originate from the self-organization processes, as in the case with natural systems, the issue associated with the severity degree of the difference between the mentioned two notions remains a matter of argument. Complete set of parametric ornamental design cyclical structures can be created through the taxonomy of ordinary Islamic motifs which can be inscribed in regular polygons. The article investigates the historically developed geometry of the national architecture.

**Key words:** shape, pattern, geometry, non-immigrant students, architects, national architecture.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-161-166

УДК 72.01:72.

**Каменський В. І.**

*Харківський національний університет будівництва і архітектури  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; orcid.org/0000-0002-5727-4542)*

**ПРИНЦИПИ ТА НАПРЯМКИ МОДЕЛЮВАННЯ МІСТА  
ЯК ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ**

В статті відображені дослідження проведені автором з метою виявлення основ динамічного моделювання міста як архітектурної системи на сучасному етапі розвитку людства. Методологічною основою дослідження є принципи та положення системного підходу, що обумовлює виявлення системотворчих елементів, дослідження динаміки формування прямих, зворотних та ієрархічних зв'язків містобудівних систем. В статті аналізуються відомі приклади моделювання міста як системи, засобами системної динаміки. Зроблено висновок про відповідність існуючих моделей вимогам які висувало суспільство на певних етапах розвитку індустріальної цивілізації. Запропоновано принципи та цілі створення динамічної моделі міста як архітектурної системи відповідні сучасному стану розвитку суспільства.

**Ключові слова:** динамічна система, місто, архітектурна система, прогностика.

**Вступ.** Як відомо, загальна криза індустріального суспільства, яка значним чином не подолана і в наш постіндустріальний час, це значним чином криза процесу урбанізації в цілому. Активно почали розвиватися мегаполіси і помітно підвищилася мобільність населення. Великого значення набули торгові центри та транспортні вузли, зросла мобільність населення. Ці проблеми були посилені неконтрольованим зростанням території та хаосом в розміщенні управлінських центрів, промислових, та інших функціональних зон, а власне і самим зникненням монофункціонального статусу останніх.

Звичною ознакою є перенапруження міського господарства мегаполісів, які

часто-густо прийшли на зміну традиційним типам міст. Відповідно, це потребує докорінним чином збагатити засадничі принципи архітектурної теорії.

Водночас, в ХХ ст. активно розвивалася теорія систем, яка виникла як засіб вирішення значних проблем без ув'язки з дослідженнями фізичної природи об'єкту [1]. Основою для розповсюдження системного підходу стали висновки Берталанфі про ізоморфізм законів, які управляють функціонуванням системних об'єктів [2]. В теорії систем практикується вивчення об'єкту як складної множини елементів, у тому числі, якщо об'єктом є місто - індивідів і їх переконань [3]. Оскільки останні є продуктом цивілізаційного розвитку,