

Проценко О.М., Мироненко В.П., Сопов Д.В.

*Харківський національний університет будівництва і архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: dcopov1993@gmail.com;
orcid.org/0000-0002-1067-6835, orcid.org/0000-0002-8591-4324)*

ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПАРАМЕТРИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ

Застосування параметричного моделювання (параметризації) при виборі архітектурно-конструктивних рішень дозволяє за рахунок зміни параметрів або геометричних співвідношень уникнути принципових помилок при проектуванні та розглянути різні конструктивні схеми архітектурного об'єкту. Показано, що при параметричному моделюванні створюється математична модель архітектурного об'єкту, зміна параметрів якої призводить до зміни конфігурації складових об'єкту, характеру взаємодії між ними, їх переміщенню та ін. Використання технології параметричного конструювання дозволяє при необхідності легко змінювати форму моделі, таким чином, швидко отримувати альтернативні архітектурно-конструктивні рішення або переглянути концепцію архітектурного об'єкту в цілому. Наведено, що головна складова параметричного підходу до проектування архітектурного середовища є збір та аналіз різної інформації, обробка та інтерпретація інформації про контекст будівлі з урахуванням специфічних особливостей проекту.

Ключові слова: параметричне моделювання, архітектурно-конструктивні рішення, екологізація, адаптивність, експоселення, екстремальні умови.

Вступ. Кожна епоха здатна як вразити своїми досягненнями в галузі науки, технологій, мистецтва і культури, так і збентежити, позбавляючи нас будь-якої можливості усвідомити глобальність придбаних завдяки їм негативних наслідків. Як і сучасний світ, який одночасно вражає нас своїми інноваційними проектами і позбавляє майбутнього ці проекти, створюючи необоротне згубний вплив на екосистему планети. На сьогодні екологічний стан планети є однією з найбільш актуальних проблем сучасності. Одна з причин погіршення стану навколишнього середовища – повільна екологізація всього життя і свідомості сучасної людини. Цей процес йде поетапно – від фрагментарного рішення окремих проблем до глобального підходу, поступово зачіпає всі сфери життєдіяльності людини. Глобальне-екологічний підхід стимулював, в свою чергу, розвиток «глибокої» екології, яка пов'язана з вивченням внутрішніх (біотичних, соціальних, психологічних) закономірностей взаємодії людини і навколишнього середовища. Найважливішою складовою цього середовища є архітектурний простір, який формує окрему екосистему.

Актуальність. Однією з ключових проблем формування комфортного середовища для життєдіяльності людини в умовах глобальної екологічної кризи є

питання архітектурної форми. Тому виявлення закономірностей формоутворення в екстремальних умовах в сучасному процесі освоєння нових ареалів можливого середовища проживання людини та її адаптації до цих умов стає важливим методологічним завданням.

Центральне місце в системі «спора – оточення» належить оболонці, реальної межі між зовнішнім середовищем і внутрішнім простором. Оболонка сприймає вплив різних середовищ і, в свою чергу, впливає на них. У процесі формоутворення особливе значення мають природно-кліматичні умови і функціонально-просторова організація. Основними факторами формоутворення оболонки є: безперервність енергообміну, безперервність функціонування, безперервність простору. Безперервність енергообміну визначається постійністю енергетичних потоків навколишнього середовища через огорожувальні конструкції будівель [1]. Для забезпечення умов нормальної життєдіяльності людини в екстремальних умовах дуже важливо створити стабільність необхідних параметрів мікроклімату [2]. До його основних складових можна віднести теплової, повітряний, інсоляційний, світловий і вологісний режими, а ресурсним джерелом виступає навколишнє середовище. Безперервність функціонування

забезпечується розвиненою структурою комунікативних просторів, що дозволяють безперешкодно пересуватися у внутрішньому просторі, а так само мережею інженерного забезпечення внутрішнього середовища. Безперервність простору є зв'язність і ієрархічність внутрішніх просторових форм, що забезпечують життєдіяльність людини [3].

Постановка задачі. Головне завдання формоутворення полягає у вибудовуванні правильної ієрархії просторів, виявленні оптимальності форм, принципів їх взаємодії і компоновки в загальній системі споруди. Таким чином, можна вважати, що архітектурна форма - це не просто матеріальна оболонка, що обмежує частину простору, а система, спрямована на відбір і зосередження властивостей і ресурсів, необхідних для формування життєпридатності середовища для людини, а в проектному майбутньому – для створення повного процесу життєзабезпечення кластерного екопоселення [4-5].

Методи рішення. Визначивши з позиції екологічного підходу будівлю як складну матеріально-просторову модель, що має набір взаємопов'язаних підсистем і механізмів, що накопичують і виробляють енергію, вдосконалення цієї системи необхідно засновувати на досвіді функціонування і розвитку живої природи, як найдосконалішої форми просторової організації. В цьому випадку архітектура виходить за рамки використання природи як натхнення для естетичних компонентів побудованої форми, але замість цього прагне використовувати природу для вирішення проблем функціонування будівлі. Імітувати природні форми в архітектурі екопоселення означає наслідувати життя і походить від грецьких слів *bios* (життя) і *mimesis* (імітувати). Напрямок імітаційної архітектури – біоміметика, популяризувалася Ж. Беньюс в її книзі «Біомімікрія: інновація, натхнення природою» [6]. Біоміметика вивчає природу, а потім імітує природні процеси або бере натхнення для своїх проектів для вирішення людських проблем. Замість того, щоб думати про будівлю як про машину для життя, біоміметика просить архітекторів подумати про

будівлю як про живу істоту для живої істоти (рис. 1).

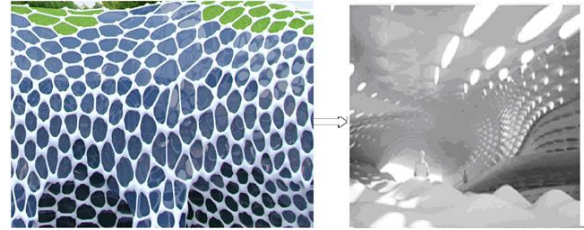


Рис. 1. Імітація структури клітини живого організму в сітчастій структурі оболонки споруди

Але при цьому не можна забувати, що архітектурне середовище є штучним. У цьому контексті архітектурна форма повинна розумітися не як символ живої природи, а як результат використання її властивостей і законів [7].

Аналізуючи еволюцію форми живої природи в результаті взаємодії з зовнішніми факторами можна виділити основні властивості формоутворення. Розглянемо дані закономірності живих організмів з точки зору формоутворення. Структурність – впорядкованість пов'язаних елементів, членувань: жилкування, наявність ліній річного зростання у рослин, симетричність пелюсток квітки або крил метеликів, чітка гексагональна структура сніжинок. Це повторення стандартних елементів – результат природного пошуку раціонального шляху розвитку, що дозволяє економити матеріали, простір, енергію і час, необхідні для створення даних систем. Такі самі проблеми ми вирішуємо і в архітектурі, постійно спрямованої на пошук оптимального об'ємно-планувального і конструктивного рішення уніфікованих осередків, що забезпечують економію матеріалу, трудовитрат і часу будівництва. Що особливо важливо в складних кліматичних умовах.

Основна частина. Архітектура сьогодні розглядає проектування подібних споруд не в контексті лише створення форми, а як проектування повністю самодостатньою моделі, в якій будуть враховані всі питання функціонування об'єкта в умовах заданої навколишньої середовища з можливістю реалізації автономного замкнутого циклу життєзабезпечення. З нашої точки зору, одним з варіантів вирішення поставленого завдання є

Серія «АРХІТЕКТУРА»

використання засобів і методів параметричної архітектури.

Параметризм в сучасній архітектурі та дизайні вже досить довго поширений. Довгий час в архітектурному авангардистському середовищі велися розмови про різноманіття форм, що повторюється в масовій забудові і т.д. Фундаментальне прагнення, що висунули всередині цієї тенденції, було сформульовано вже на початку 1990-х рр. ключовим гаслом «безперервного диференціювання».

З тих пір ця тенденція була широко поширена і навіть стала основною, і в кінцевому підсумку були представлені нові способи вирішення і обробки даних в його межах. Цей напрямок було полегшено супутнім розвитком інструментів параметричного дизайну та стилів, що дозволяють точно формулювати і виконувати заплутані кореляції між елементами і субелементами. Все це в кінцевому підсумку викристалізувалося в новий принцип архітектури.

Один з найпоширеніших сьогодні методів передбачає диференційовані області заселення з адаптивними компонентами. Компоненти можна було б побудувати з повторюваних вимушених елементів, пов'язаних між собою інфраструктурними лініями так, щоб закінчений проект міг би помітно пристосуватися до умов різних місцевостей. Оскільки вони заселяють диференційовану ділянку, їх адаптація повинна підкреслювати і підсилювати це диференціювання. Ці відносини між основним компонентом і його різними типами в різних точках інтегрування в «дане середовище» схожі на спосіб, коли один єдиний генотип міг би зробити заселення різних фенотипів у відповідності з різними умовами середовища.

Сьогодні архітектори використовують форми, функції, поведінку або цілі екосистеми живих організмів як джерело проектного творчості і стійкості. Вони створюють штучне середовище на основі передових цифрових технологій, заснованих на уроках, витягнутих з природи. На рис. 2 показаний варіант проекту футуристичного екопоселення, в якому кореляція природних форм і місця існування

дозволили автору використовувати цю гармонію в своїй роботі.

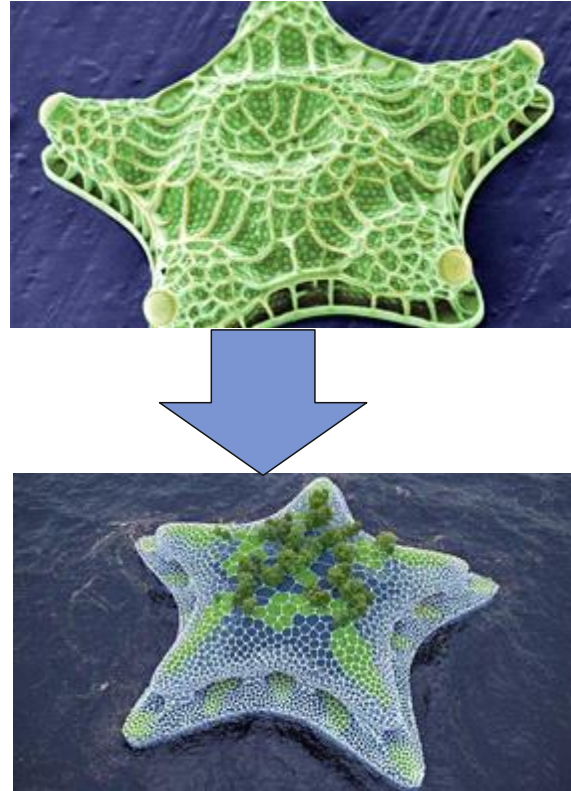


Рис. 2. Інтеграція природних істот (діатом Альга) в архітектурний об'єкт (екопоселення)

Поточний етап розвитку параметризма пов'язаний з безперервним просуванням вперед супутніх комп'ютерних дизайнерських технологій. У міру того, як це стає можливим, відбувається реалізація дизайнером унікальних творчих і організаційних можливостей із застосуванням складних параметричних методів.

Робота з вихідними даними є підготовчим етапом архітектурного проектування, при якому збираються всі необхідні дані для початку процесу створення архітектурного проекту. Для різних методів проектування необхідний один і той же набір даних, але з різними пріоритетами. Так, в проектуванні часто застосовують геодані (про рельєф місцевості і т.п.), тоді як в інформаційному проектуванні (заснована на технології BIM Building Information Model – інформаційної моделі будівлі) дані соціологічного або демографічного плану застосовуються рідко. Але за умови автоматизованого отримання таких даних вони використовуються так само часто, як і геодані.

При створенні проекту будівлі за допомогою побудови його інформаційної моделі всі вихідні дані можна розділити на необхідні (технічне завдання на проектування і т.д.), без яких не можна почати процес проектування, і додаткові дані, які можуть враховуватися в залежності від досвіду проектувальника і необхідного ступеня опрацювання архітектурного проекту (дані кліматології, інсоляції, аналіз перспективних видів, транспортної доступності, навколишня забудова і т.д.). Основна причина цього явища полягає в тому, що збір і обробка вихідної інформації – це досить витратний процес.

Головна складова параметричного підходу до проектування будівель - збір і аналіз різної інформації, необхідної для процесу проектування (рис. 3). Логіка процесу параметризації проектування полягає в обробці та інтерпретації інформації про контекст будівлі з індивідуальними особливостями проектувальника. Системи збору і обробки інформації - масиву вихідних даних (бази даних - структурований інформаційний масив), включають в себе як автоматичні, так і ручні методи. Сюди включаються такі бази даних: соціальні, етнодемографічні, політичні, економічні, ландшафтні, архітектурні, кліматичні, а також інформація про інженерні та транспортні інфраструктури, функціональна схема і морфологія забудови і т.д. [8-10].



Рис. 3. Схема роботи генеративної моделі проектування

Таким чином, генеративний метод проектування для створення проектних рішень ґрунтується на сукупності

соціально-економічних, технічних, технологічних та інших факторів, а також на прив'язці до місцевості і інших характеристиках. Використовуючи перевірені часом методики аналізу даних в певні алгоритми можна істотно прискорити процес створення архітектурного проекту.

При параметричному проектуванні проєктований об'єкт не прив'язується до одного файлу моделі будівлі, а використовується декілька сегментованих моделей, які в подальшому зв'язуються в один кінцевий файл, пов'язаний з інформаційною базою даних, в якій кожному елементу моделі присвоєно набір додаткових атрибутів. Особливість такого підходу полягає в тому, що об'єкт проектується фактично як єдине ціле. Зміна якого-небудь одного з його параметрів тягне за собою автоматичну зміну інших пов'язаних з ним параметрів і об'єктів, аж до креслень, візуалізацій, специфікацій і календарного графіка будівництва [11].

В процесі параметричного проектування для кожного етапу використовується свій набір програмного забезпечення [12, 13].

Параметрична архітектура, взявши за основу форму і структуру організмів тваринного і рослинного світів, дозволяє створювати активні «живі» архітектурні проекти, стан яких визначається законами руху пластів земної поверхні, космічними постулатами про мінливість і нелінійності Всесвіту і математичними формулами. Основний принцип параметричної архітектури ґрунтується на тому, що навіть незначна зміна властивостей конструктивного елемента будівлі призводить до зміни загального стану будівлі, що фіксується за допомогою комп'ютерної моделі. Такий підхід дозволяє врахувати практично будь-які дії з боку навколишнього середовища і передбачити можливі способи запобігання руйнування будівлі ще на стадії проектування.

По суті параметрична архітектура являє собою спосіб фізико-математичного моделювання архітектурної форми на основі її уявлення у вигляді математичних залежностей у відповідних комп'ютерних програмах (рис. 4) [14]. Параметричним

Серія «АРХІТЕКТУРА»

способом описується не одна форма, а певна безліч, куш форм, які можуть бути отримані шляхом геометричного представлення однієї математичної залежності (рис. 5). Зміна будь-якого з параметрів, присутніх в математичних виразах, впливає на загальну геометрію форми. Такий вид моделювання добре поєднується з даними передпроектного аналізу, також вираженими в цифровій формі. Полегшується процес роботи зі складними поверхнями, їх трансформацією в цілях досягнення оптимальних значень техніко-економічних показників проекту.

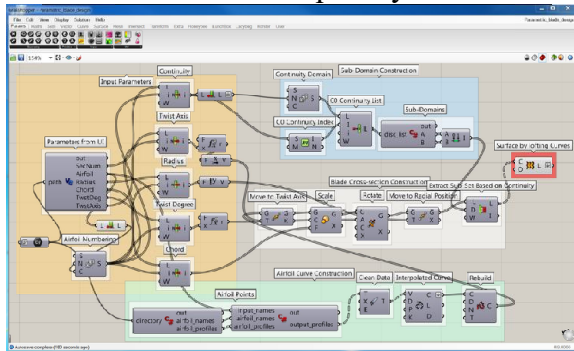


Рис. 4. Параметричне програмування

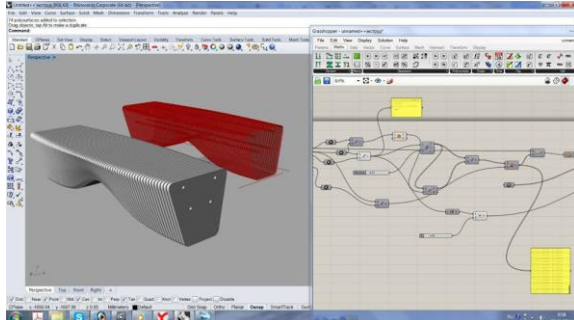


Рис. 5. Зміна геометрії форми при зміні одного параметру моделі

Таким чином, архітектор досліджує середовище, збирає необхідні параметри, ставить завдання, створює певний алгоритм для їх вирішення, і потім програма за заданим алгоритмом прораховує всі можливі варіанти для заданих параметрів. В результаті, вибирається найбільш економічний і концептуальний варіант проекту.

Одночасно з переходом до складних, мінливих, текучих архітектурних форм змінюється і ставлення до їх функціонального наповнення. Як стратегія дій висувається принцип архітектурної інтерпретації абстрактних побудов.

Змінні елементи, розташовані на основній поверхні, яка плавно згинається, -

головний прийом диференціювання в параметризмі. Це стратегічне рішення відразу декількох завдань - орієнтації, декоративного оформлення, реакції поверхні архітектурної споруди на зміну умов навколишнього середовища. Функціональні і формальні завдання тут зливаються воедино. Ідеал художнього завдання, яке вирішує параметризм – це артикуляція, яка протистоїть простому формалізму. Фрагменти, або деталі, або «зразки», з яких формується поверхня, можуть бути побудовані таким чином, щоб невеликі зміни в базових параметрах навколишнього середовища або спостерігача викликали б відповідні зміни в них і відгукувалися на всій поверхні об'єкта. Мета полягає в тому, щоб підтримати ідентичність компонентів, компенсуючи основне поверхневе диференціювання.

До способів поверхневої артикуляції відносяться рельєф, матеріал, структура, колір, що відображає здатність, ступінь прозорості, які в кореляції створюють неповторний ефект «живої» поверхні, чутливої до зміни навколишнього середовища і кута зору (рис. 6).

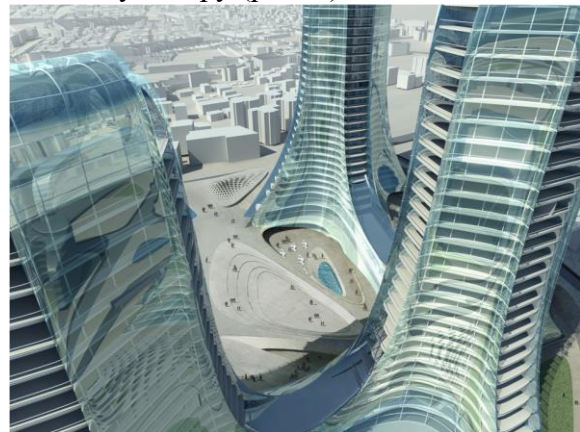


Рис. 6. Приклад поверхневої артикуляції (арх. Заха Хадід, фрагмент генерального плану Kartal-Pendik, Стамбул, Туреччина, 2006 р.)

Архітектурним формам параметризму властива ще одна особливість - динаміка, тобто ті трансформації, які архітектурний об'єкт може зазнавати в залежності від стану навколишнього середовища і процесів, що відбуваються всередині нього самого.

У параметризмі вирішення питань динаміки пов'язано не тільки з використанням ексклюзивних інженерних систем,

які обслуговують будинки, а й безпосередньо з формою архітектурних об'єктів. Складні, багат шарові оболонки, з яких, як правило, складаються динамічні форми неоавангардної архітектури; перетікаючий, напіввідкритий інтер'єрний простір, що має на увазі різні режими експлуатації; елементи артикуляції форми, як правило, представляють собою подібні один одному і здатні до трансформацій фрагменти єдиної поверхні архітектурної споруди - все це може і повинно працювати в режимі «дружелюбної співдружності» штучного й природного середовища проживання людини.

Таким чином, основною відмінністю параметричної архітектури від інших методів проектування є створення складної просторової моделі, що поєднує динаміку природних форм і практично повну відсутність лінійності об'єктів і симетрії.

Висновок. У параметричній архітектурі об'єкт проектування являє собою систему, яка зв'язує все його основні параметри з параметрами навколишнього середовища і спостерігача. Для цього необхідно зробити всі форми податливими, корелюючими з сусідніми формами, вживати взаємопов'язані структури, що переходять одна в одну. Здатність до змінності веде до досягнення головної мети – створення різноманітності і складності будь-яких соціальних установ і функцій всередині суспільства.

Концепція побудови та розвитку міста-майбутнього ґрунтується на єдиній композиційній схемі, що надає йому своєрідний архітектурно-просторовий вигляд. Однак, багатофакторність впливів як з боку навколишнього середовища (стихійних), так і викликаних стратегічними змінами (планомірні) робить місто динамічною системою, що вимагає постійного моніторингу і коригування.

Параметрична архітектурно-просторова модель міського середовища, яка вбудована в загальну інформаційну систему планування і управління міським господарством, може стати ефективним інструментом в теорії і практиці містобудування. Така модель повинна враховувати безліч факторів: ландшафтні особливості,

соціальні явища, історичну тканину і регіональну специфіку, а також архітектурно-просторові якості територій. Створення параметричної моделі території міста за допомогою інформаційних технологій може бути використано в процесі проектування архітектурно-просторового середовища міста та управління ним на основі біосферної сумісності в реальному часі

ЛІТЕРАТУРА:

1. Маляренко В.А. *Енергетика і навколишнє середовище*. Харків: Видавництво «Сага», 2008. 364 с.
2. Сарвут Т.О. Аспекты формирования среды обитания в экстремальных условиях. *Вестник Евразийской науки*, 2018. №6. URL: <https://esj.today/PDF/36SAVN618.pdf>
3. Пшеничникова К.А. Предпосылки формирования пневматических конструкций в современной архитектуре. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2018. №3(44). С. 183-200.
4. Kormanikova L., Achten H., Korřivac M., Kmet S. Parametric wind design. *Frontiers of Architectural Research*, 2018. Vol. 7. Issue 3. P. 383-394. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2018.06.005>.
5. Pearlmutter D. Architecture and Climate: The Environmental Continuum. *Geography Compass*, 2007. 1/4. P.752-778, <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2007.00045.x>
6. Benyus, J. *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York: Harper Perennial, 1997. 344 p.
7. Dytoc B. C. Effective Graphics in Structures Class: Integrating Structures into Architecture. *A Journal of Architecture, Landscape Architecture and the Designed Environment*, 2016. P. 51-58.
8. Кривенко А.А., Моор В.К., Гаврилов А.Г. Генеративное проектирование как средство формирования архитектурных объектов. *Архитектура и дизайн: история, теория, инновации: материалы Второй международной научной конференции Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т*, 2017. Вып. 2. С. 203-206.
9. Пучков М.В., Бутенко А.А. Параметрическое моделирование архитектурно-пространственной среды города на основе информационных технологий. *Архитектон: известия вузов. Теория архитектуры*, 2015. № 49. С. 23-28.
10. Ризаева А.Д. Генеративный дизайн: программирование, как новый инструмент деятельности дизайнера. *Международный студенческий научный форум ПАЕ*. 2015. № 7. С. 41-47.
11. Garber R. *Closing the Gap: Information Models in Contemporary Design practice*. Fletcher, *Architectural Design*, 2009. 240 p.
12. Terzidis K. *Algorithmic Architecture*. Oxford, Architectural Press, 2006. 155 p.

13. Cheon J., Hardy S., Hemsath T. Parametricism (SPC). *ACADIA Regional 2011 Conference Proceedings*. Lincoln. University of Nebraska, 2011. № 11, P. 100-102.
14. Еремеева А.А., Поморов С.Б. Параметризм в архитектуре. Поиски и решения. *Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова*, 2014. №1-2. С.118-122.

Проценко Е.М., Мироненко В.П., Сопов Д.В. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ. Применение параметрического моделирования (параметризации) при выборе архитектурно-конструктивных решений позволяет за счет изменения параметров или геометрических соотношений избежать принципиальных ошибок при проектировании и рассмотреть различные конструктивные схемы архитектурного объекта. Показано, что при параметрическом моделировании создается математическая модель архитектурного объекта, изменение параметров которой приводит к изменению конфигурации составляющих объекта, характера взаимодействия между ними, их перемещению и др. Использование технологии параметрического конструирования позволяет при необходимости легко менять форму модели, таким образом, быстро получать альтернативные архитектурно-конструктивные решения или пересмотреть концепцию архитектурного объекта в целом. Показано, что главным при параметрическом подходе к проектированию архитектурной среды является сбор и анализ различной информации, обработка и

интерпретация информации о контексте здания с учетом специфических особенностей проекта.

Ключевые слова: параметрическое моделирование, архитектурно-конструктивные решения, экологизация, адаптивность, экопоселения, экстремальные условия.

Protsenko E.M., Mironenko V.P., Sopov D.V. CHOICE OF OPTIMAL ARCHITECTURAL-CONSTRUCTIVE SOLUTIONS DURING PARAMETRIC MODELING. The use of parametric modeling (parametrization) when choosing architectural and structural solutions allows avoiding fundamental errors in the design by changing the parameters or geometric relationships and to consider various structural schemes of the architectural object. It is shown that with parametric modeling, a mathematical model of an architectural object is created, the change of parameters of which leads to a change in the configuration of the components of the object, the nature of the interaction between them, their movement, etc. Using the parametric design technology allows you to easily change the shape of the model, if necessary, thus quickly get alternative architectural design solutions or re-watch the concept of the architectural object as a whole. It is shown that the main thing in the parametric approach to the design of the architectural environment is the collection and analysis of various information, processing and interpretation of information about the context of the building, taking into account the specific features of the project.

Key words: parametric modeling, architectural and constructive solutions, greening, adaptability, eco-settlements, extreme conditions.