

УДК 7.05: 687.01

Гнатюк Л.Р.⁴, канд. арх., доц.

Кучер Б. А., студент

kycherbohdan@ukr.net

Національний авіаційний університет, м. Київ

МЕТОДИ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ РІЗНИХ ПРОЕКТНИХ ЗАВДАНЬ

В даній статті розглянуто розвиток та переваги комп'ютерних технологій в дизайні. Проведено огляд та аналіз літературних джерел, що стосуються тематики тривимірного моделювання дизайнерських форм на основі яких було виявлено особливості формоутворення побудови сучасних 3D форм: традиційний, інверсійний, генеративний, інтерактивний. Представлено основні програмні продукти за допомогою яких легко створити 3D об'єкти. Обґрунтовано формоутворюючі властивості комп'ютерного моделювання. Розібрані актуальні алгоритми та підходи до створень дизайнерських форм, ефективні способи побудови тривимірних об'єктів. Визначено сфери застосування даної технології, основні програми та види 3D моделювання. В роботі наведено доцільність використання поліскладних поверхонь для збільшення загальної продуктивності створення комп'ютерної моделі виробу. Наведено приклад алгоритму.

Ключові слова: 3D моделювання, 3D графіка, дизайн проектування, комп'ютерне моделювання, об'ємно - просторове моделювання, макет, макетування, прототип, швидке прототипування, 3D друк.

Постановка проблеми. Сучасне суспільство не можливо уявити без різноманітних гаджетів та комп'ютерів. Технології тривимірного моделювання проникли у наше життя та міцно закріпилися у всіх сферах життєдіяльності людей, особливо у творчих професіях – дизайні та архітектурі. До появи 3D моделювання люди розробляли майбутню форму виробу лише за малюнком чи кресленням.

З розвитком технологій 3D моделювання суспільство отримало нові можливості формоутворення, різного за складністю, проектів та покращену хоч і ускладнену подачу проекту, що відрізняється

⁴ © Гнатюк Л.Р., Кучер Б.А.

точністю, дає змогу краще уявити майбутню форму виробу, а також внести корективи без значних затрат ресурсів та часу.

В наш час при гармонійному поєднанні комп'ютерних технологій та ручної розробки основною проблемою є виявлення та дослідження ефективних способів побудови тривимірних об'єктів для кращої передачі їх властивостей та форми.

Аналіз останніх досліджень. Сучасне комп'ютерне моделювання не страждає від одноманітності форм – це параметричне архітектурне формоутворення Захи Хадід [12] в рамках нової архітектури. Слід також відзначити працю Ю.С. Росторгусєву [6] де приведена загальна характеристика терміну 3D моделювання, розглянуто основні програми тривимірного моделювання. Вагомі дослідження створення інформаційних технологій моделювання об'єктів будівництва містяться в роботі Київської К.І. [14]. Яремчук О.М. досліджував технології швидкого прототипування та розвиток об'ємно-просторового моделювання [3]. Поняття 3D графіки та алгоритмів 3D моделювання описано в статті Петрова Е.Г. [2]. В дослідженнях А.В. Черенкова та Д.А. Корнієнко. аналізуються різноманітні способів комп'ютерного моделювання та види архітектурних об'єктів котрі змодельовані із використанням наведених видів моделювання [9]. Розглянуті Інтернет ресурсів за тематикою статті [1,4,7,8,10,11,13], виявляють актуальність тематики та виявляють недостатньо науково обґрунтованість даної тематики.

Мета. Виявити особливості 3D моделювання об'єктів дизайну.

Основна частина. Основне завдання 3D моделювання – моделювання створювальної форми об'єкту чи предмету. Для подальшої розробки проекту в дизайні чи архітектурі потрібно чітко розуміти найдрібніші його конструктивні особливості.

Тривимірне моделювання – це створення об'ємної моделі за допомогою певних комп'ютерних програм. На основі відповідних креслень, малюнків, описів. Це предмет за допомогою якого отримано можливість для створення нових об'ємно-просторових композицій та різноманітних пластичних форм з використанням сучасних конструкцій та матеріалів [1].

3D моделювання – сучасне та перспективне нововведення котре було започатковане в 70-ті роки XX ст. Інтенсивний розвиток почався з 90-х років, що обумовлено масовим розвитком нового будівництва та прагнення людства до оригінальності. Процес комп'ютеризації лише удосконалив моделювання, зробивши його більш яскравим та неповторним. Тобто комп'ютерне моделювання призвело до того що абсурдні та на перший погляд утопічні ідеї стали реальністю. Цифрові технології знищили бар'єр між однотипністю форм різноманітних проєктів [2].

В наш час 3D графіка масово застосовується, зокрема, найрозповсюдженіші галузі – архітектурне та дизайнерське проєктування, медицина та індустрія розваг. Програми та технології 3D моделювання також використовуються і в рекламі та маркетингу – створення комп'ютерної моделі майбутнього об'єкту і за допомогою технологій прототипування створюють зразок майбутнього виробу. Отримане за допомогою рендеринга зображення пізніше використовують для створення фірмового стилю [3].

Комп'ютерне моделювання дає змогу досягти максимально реалістичну розробку міського ландшафту та архітектури надаючи замовникам відчуття ефекту присутності. В свою чергу це дозволяє суттєво проаналізувати проєкт і за необхідності усунути недоліки без значних витрат.

Сучасна промисловість існує в тісному зв'язку з до виробничим моделюванням, що зводить до мінімуму витрати на матеріали та інженерне проєктування. Тривимірне моделювання суттєво розширило горизонти кінематографу. За її допомоги створюються повноцінні ландшафти, сцени будь якої складності [4]. В галузі дизайну важливим є постійний пошук нових форм та удосконалення старих, постійне знаходження нового в просторі та об'єктів зокрема.

З комп'ютеризацією процесу актуальним на сьогодні залишається зниження термінів проєктування 3D моделі. Реалізація 3D моделей стала доступною не тільки дорогим компаніям але й

приватним дизайнерам та архітекторам, студентам в різних умовах завдяки появі сучасних 3D сканерів та 3D принтерів.

Основні принципи 3D моделювання обумовлюють підбір способів моделювання в різних проектних ситуаціях, знаходити різні способи втілення ідей, розвивати нове мислення та щоразу вдосконалювати новітні підходи до комп'ютерного моделювання як способу проектування [5].

В дизайн-проектуванні різні види 3D моделювання застосовуються в синтезі (табл. 1), що дозволяє сформулювати індивідуальний підхід до створення оригінальної форми об'єктів та виробів [6].

На основі вищезазначених видів моделювання виявлено чотири принципи моделювання: інверсійний, інтерактивний, традиційний, генеративний.

Традиційний принцип включає 4 етапи (рис. 1): творче (Sketch modeling), або полігональне, моделювання (Polygonal and mesh modeling) ---> поверхневе моделювання класу «А» / «В» / «С» (Surface modeling) ---> твердотельне моделювання (Solid modeling) - --> прототипування (Prototyping).

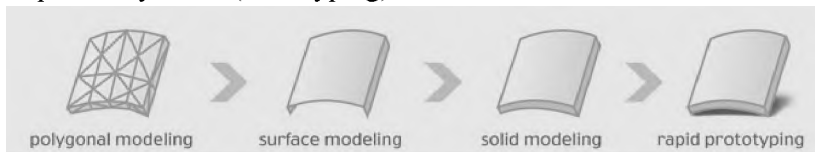


Рис.1. Алгоритм традиційного принципу

Знаючи традиційний принцип, в дизайнера є можливість реалізувати концепції з використанням 3D моделювання, дослідження формоутворення та прототипування об'єкту за допомогою установки 3D друку. Це найпоширеніший спосіб завдяки якому можна створити за короткий час різні форми за кресленнями, електронними та створеними вручну ескізами. Підходить для створення концепт-артів, -авто, промислових виробів з різноманітною за складністю геометрією форми. Творче моделювання ставить на меті створення тривимірної (ескіз полігональної моделі) інформації про об'єкт чи двовимірної

(начерки, креслення, ескізи). Графічна інформація створює фундамент до подальшого створення поверхневого моделювання. Вдосконалена поверхня моделі є базою для подальшої розробки твердотільної моделі. Яка в свою чергу формується на основі поверхневого моделювання: задається товщина матеріалу, вводяться технічні та конструктивні елементи. В залежності CAM і CAE-системах використовується як твердотільне моделювання так і поверхнєве [7].

*Таблиця.1.
Види 3D моделювання*

№	Види моделювання	Опис, елементи побудови	Програми	Модел ь
1	Параметричне	Моделювання по набору заданих змінних параметрів операцій	CATIA	
2	Не параметричне	Моделювання без збереження параметрів побудови (історії побудови)	Rhinoceros	
3	Комбіноване	Історію побудови в будь-який момент можна видалити / відключити	Alias Studio Tools, Rhinoceros + Grasshopper	
4	Полігональне	Полігон, крива, (poly, nurbs, mesh)	Alias, 3ds Max, Maya, Rhino	Полігональна
5	Каркасне моделювання	Точка і лінія (line & point)	Alias ST, AutoCAD, CATIA, IsemSurf	Каркасна
6	Поверхнєве моделювання	Точка, лінія, поверхня (surface)	Alias ST, AutoCAD, CATIA, IsemSurf, SolidWorks	Поверхнєва

7	Твердотільне моделювання	solid (тверде тіло)	Alias ST, AutoCAD, CATIA, IsemSurf, SolidWorks	Твердотільна
8	Кінцево-елементне моделювання	Вузол, кінцевий елемент, сітка (point, lines, mesh)	Ansys, Rhino + Kangaroo	Кінцево-елементна
9	Генеративне моделювання	Компоненти, зв'язку між компонентами	Rhino + Grasshopper	Генеративних

В ході аналізу досліджень виявлено три класи поліскладних поверхонь за візуальними ознаками – «А», «В» та «С» (рис. 2).

На сьогодні, в процесі розробки дизайн концепції, більш популярні поверхні класу «А». Наскрізне дизайн-проектування відбувається завдяки застосуванню цих поверхонь: в створенні та виготовленні моделі, прототипуванні, в створенні реалістичних зображень, відеоролика та презентації; в деталізаційній обробці деталей з подальшим рендерингом.

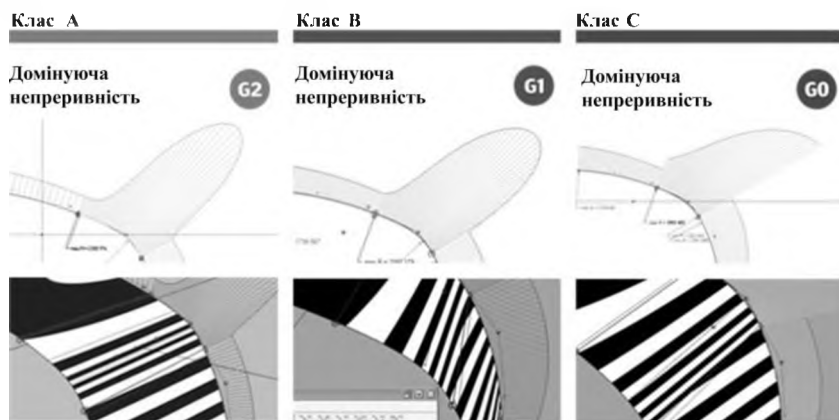


Рис.2. Класи поліскладних поверхонь

Виділенні класи характеризуються кількісними показниками: відсутністю чи наявністю сполучень певних типів (рис. 3): G0 (ребро), G1 (округлення, залежність по тангенсу, по першій похідній), G2 (згладжування, залежність по кривизні, по другій похідній), якісним показником (матеріал) та цілісністю поверхні.

Поверхні класу «А» - поверхня, що створена з безперервного порядку кривих G2, G1 в місцях плавного переходу та G0 для ребер. При візуалізації проявляються невиразні стики та плавні відблиски на поверхні. Використовується для моделювання об'єктів, в яких є глянцеві поверхні та складні форми.

Для створення поверхонь класу «В» застосовують поверхні G1 та G0. Під час візуалізації виходять невиразні стики. Найчастіше використовується у промисловому дизайні.

Поверхні класу «С» - безперервні поверхні не вище G0. При візуалізації отримують ледь помітні стики та відблиски ламаної форми. Поверхня використовується у комбінуванні з «А» та «В» поверхнями і застосовується у малозначущих місцях моделі (наприклад: двигун). Надає об'єкту більш агресивної форми.

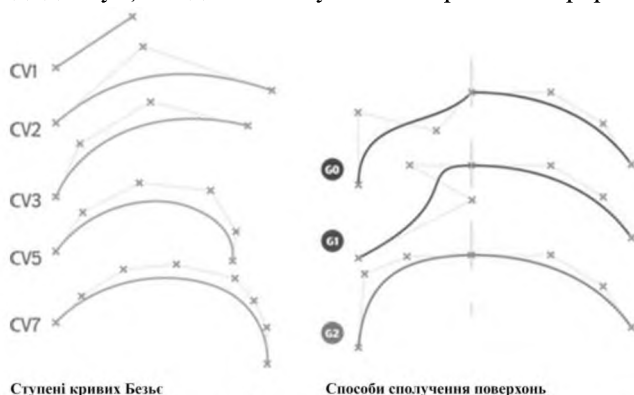


Рис.3. Ступені кривих Безьє і способи сполучення поверхонь на основі даних кривих

Завдання розробника при моделюванні поверхні складної форми – розбити форму на більш дрібні полігони. Чим більше полігонів, тим точніша модель, більш точні та гладкі форми.

Доцільне використання поверхонь «А» класу для моделювання видових площин, складних увігнуто-опуклих чи об'ємно просторових форм (наприклад: корпус літака). У всіх інших випадках застосування таких поверхонь призведе до значних затрат часу.

При моделюванні поверхнями «А» потрібно спершу опрацювати всі нюанси розроблюваної форми: криволінійні елементи, фаски та стики для кращої передачі художнього задуму. [8].

На основі традиційного принципу розроблений чайний сервіз «Hills & Hollows» (рис. 4), що складається з кришки-підставки, вази та чашки.



Рис. 4. Чайний набір Hills & Hollows

Інверсійний (зворотній) принцип (рис. 5): традиційне макетування (Modeling) ---> об'ємне сканування (3D scanning) ---> поверхневе моделювання класу «А» / «В» (Surface modeling) ---> твердотільне моделювання (Solid modeling) ---> прототипування (Prototyping).

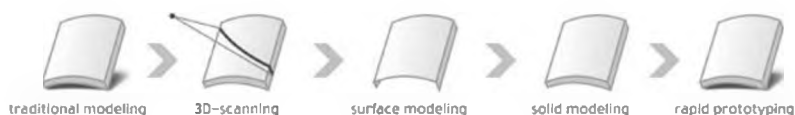


Рис. 5. Алгоритм інверсійного принципу

Інверсійний принцип подібний по етапах до традиційного. Проте має один нюанс. Для створення 3D моделі використовується дані котрі отримано за допомогою 3D сканування макету виготовленого власноруч. Даний принцип користується популярністю серед студентів та дизайн-студій котрі використовують 3D сканери.

Отримані, за допомогою сканування, данні лягають в основу максимально точного моделювання об'єкту. Формоутворення виробу ґрунтується на отриманому від сканування результатах. Для цього вихідними даними можуть бути поле точок (маркерів) чи надрукована на 3D принтері модель. Даний принцип використовується для моделювання об'єктів на заключних стадіях чи для ресайклінгу існуючої форми, а також для об'єктів з частково уніфікованими формами. Інверсійний принцип більш трудомісткий, так як потрібно мати в наявності прототип, а також враховувати затрати часу на його сканування. Проте завдяки такому принципу отримують максимально наближену модель до раніше виготовленого макету, прототипу чи реального виробу. Поверхнєве моделювання відіграє значну роль в інверсійному принципі [9].

Використовувалося поверхнєве моделювання при розробці концепції легкового автомобіля Lancia Delta (рис.6).



Рис.6. Легковий автомобіль «Lancia»

Генеративний принцип: (рис. 7): інформаційне моделювання (Information modeling) ---> геометричне моделювання (Geometry modeling) ---> прототипування (Prototyping).



Рис. 7. Алгоритм генеративного принципу

Велику популярність здобув серед дизайнерів та архітекторів і широко використовується при розробці генеративної та параметричної архітектури, інтерактивному та виставковому дизайні [10]. Даний принцип актуальний при необхідності внесення змін до параметрів предметної системи чи при використанні системи об'єктів зі складною структурою, котрі не мають повторювальних елементів.

Створення генеративної архітектури та дизайну базується на алгоритмах предметної системи, а також на застосуванні фрактальних геометричних форм з використанням мінімальних поверхонь. Такі поверхні мають жорстке зчеплення, економлять матеріал та мають дуже виразну естетику [11].

Генеративне моделювання поєднало в собі геометричне та інформаційне моделювання. На цьому поєднанні ґрунтується генеративний принцип. Інформаційне моделювання створює суть концепції об'єкту. Реалізується вона за допомогою ПО Rhino + Grasshopper.

Інформаційна модель дає змогу розробникам вільно вносити корективи та редагувати об'єкт незалежно від етапу проектування. Надає можливість для створення системи об'єктів котрі засновані складними, не подібними між собою модульно, принципах формоутворення. Змодельовану модель можна згенерувати в поверхневу, твердотільну та лінійну модель, яку надалі можна відправляти на швидке прототипування. За допомогою новітніх програм генеративному моделюванню надається можливість для

створення складних перетинів, схеми для розгортки об'ємних форм та нумерацію елементів.

Генеративна модель легко адаптується до різного роду виробництва чи 3D друку завдяки багатьом параметрам котрі можна редагувати в реальному часі. Це, в свою чергу, пришвидшує процес та робить його значно ефективнішим, скорочує термін моделювання об'єктів, що складаються з великої кількості елементів. Надає можливість редагування параметрів вже змодельованої, геометричної моделі. Така особливість надає змогу підлаштовувати предмет під навколишнє середовище, оптимізувати налаштування, дублювати об'єкт з подібними рисами але вже з різними пропорціями чи параметрами.

Нові конструкції та форми з'являються паралельно з появою нових технологій, що спричиняє абсолютно нове формоутворення. Результати таких нововведень можна прослідкувати в роботах Захи Хадід, що впровадила унікальне формоутворення використовуючи існуючі технології виробництва. Свої роботи розробила за допомогою параметрично-фрактальних моделей [12].

Концепт паркової лавки (рис. 8, 9) розроблено з використанням принципів генеративного моделювання.

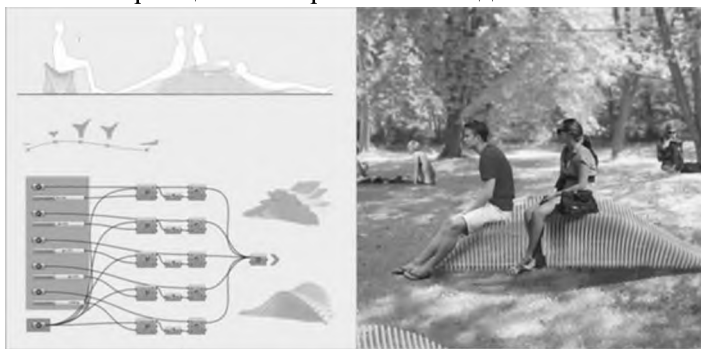


Рис.8. Концепт паркової лавки

Комплекс 3D моделі параметри якої можна піддавати змінам для підлаштування до навколишнього середовища та експлуатації: довжину, кількість місць для сидіння, спосіб розміщення в просторі, товщина матеріалу, кількість сегментів.

Генеративна модель зберігає всі ці параметри та актуально змінює їх в реальному часі геометричну модель. Завдяки цьому виготовлена модель наче трансформер може змінюватися залежно від потреб.

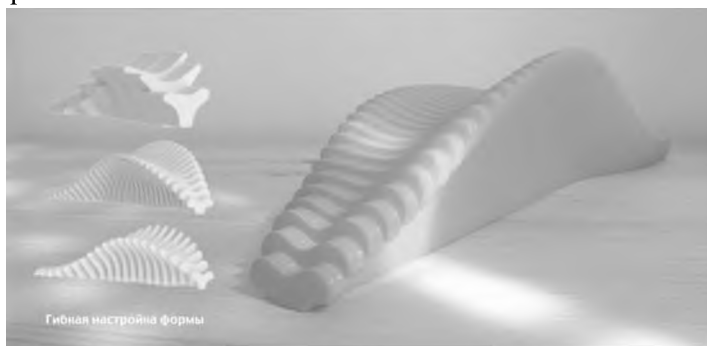


Рис.9. Друк прототипу

Інтерактивний принцип (рис. 10): генеративне моделювання (Generative modeling) <----> декодування інформаційної моделі в плагіні (Decoding) <----> відкрита платформа для прототипування (Interactive prototyping).



Рис. 10. Алгоритм інтерактивного принципу

Інтерактивний принцип оснований на поєднанні генеративної моделі з платформою для прототипування. Процес інтеграції відбувається за допомогою декодування інформації моделі за допомогою плагіна. Завдяки подібним платформам є можливість створювати електронні системи (сенсори), а для взаємодії з навколишнім середовищем сервоприводи тощо. Даний спосіб надає можливість розробки генеративних моделей, що можуть взаємодіяти з природним оточенням та людиною за допомогою сенсорних датчиків. Можливе створення кінетичних прототипів (рис. 11), що

мають можливість змінюватися в реальному часі зі зміною параметрів на комп'ютері.

Інтерактивний принцип застосовується для розробки зв'язку 3D моделі з навколишнім середовищем, імітації поведінки об'єкту поруч з людьми, спілкування [13].



Рис.11. Кінетична мембрана FLARE

Висновки: виявлено особливості 3D формоутворення об'єктів дизайну, а саме з'ясовано, що створюючи форму за допомогою інтерактивного та генеративного принципів моделювання має менші терміни та менше етапів моделювання, дозволяють моделювати різні за складністю форми об'єкти дизайну.

Генеративний принцип надає можливість редагувати параметри форми об'єкту незалежно від етапу проектування, створення форми складних, не повторювальних між собою поверхонь. Легко адаптується до різного роду виробництва завдяки змінюваним параметрами об'єкту.

Інтерактивний принцип робить можливим створення електронно-сенсорних систем, що можуть адаптуватися та взаємодіяти з навколишнім середовищем.

Основою для моделювання генеративним та інтерактивним принципами слугує геометричне та інформаційне моделювання.

Інверсійний та традиційний принципи – пропедевтичні, котрі допомагають в опануванні нових знань та навичок про форму виробу та її моделювання.

Особливості традиційного принципу – зменшення часу на виготовлення прототипу, створення інформаційної моделі об'єкту з її подальшим використанням за допомогою поліскладних поверхонь класу:

«А» - для видових, глянцевиx поверхонь складної форми так як при візуалізації мають ледь помітні стики;

«В» - в промисловому дизайні, проте при візуалізації отримують менш плавні відблиски;

«С» - при візуалізації утворюються відблиски ламаної форми, застосовуються в малозначних місцях.

Інверсійний принцип по етапах схожий на традиційний. Базується на отриманих від сканування результатах. Більш трудомісткий але отримана форма найбільш точніша оригіналу.

Перспективи подальшого дослідження: Подальші дослідження планується спрямувати на розширення та розгляд новітніх для дизайну та архітектури, з точки зору комп'ютерного моделювання, прийомів та методів об'ємно-просторового формоутворення об'єктів.

Використана література:

1. Тривимірна графіка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ru.wikipedia.org/wiki>

2. Петров Е.Г. Использование технологии 3d моделирования в обучении [Електронний ресурс] / Е.Г. Петров. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://docplayer.ru/46727412-Ispolzovanie-tehnologii-3d-modelirovaniya-v-obuchenii.html>.

3. Расторгуева Ю.С.. Технологии трехмерной визуализации в дизайне и архитектуре.-«Общие и комплексные проблемы технических и прикладных науки отраслей народного хозяйства». Журнал: Актуальные проблемы авиации и космонавтики.- 2010.- 308 с.;

4. 3D-моделирование и визуализация [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://koloro.ua/3d-modelirovanie-i-vizualizaciya.html>.

5. Дичева О.В. Значение компьютерных технологий в образовании дизайнера и архитекторов. Журнал: Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - Научное издательство «Институт стратегических исследований». - Январь 2016.- №, 108-111 с.

6. Расторгуева Ю.С.. Технологии трехмерной визуализации в дизайне и архитектуре. - «Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук отраслей народного хозяйства». Журнал: Актуальные проблемы авиации и космонавтики.- 2010.- 308 с.;

7. Трехмерное моделирование в современном мире [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://habrahabr.ru/sandbox/103016/>.

8. Івшин К.С. Принципи сучасного тривимірного моделювання в дизайні [Електронний ресурс] / К. С. Івшин, А. Ф. Башарова. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: http://archvuz.ru/2012_3/111.

9. Методи формоутворення в дигітальній архітектурі / А.В. Челноков, Д.А. Корнієнко //Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПДАБА, 2013. –№ 6. – С. 25 – 29. – рис. 6. – Бібліогр.: (7 назв.).

10.Schumacher P. Parametricism as Style - Parametricist Manifesto [Електронний ресурс] / Patrik Schumacher. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20Style.htm>.

11.Triply Periodic Minimal Surfaces [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://facstaff.susqu.edu/brakke/evolver/examples/periodic/periodic.html>.

12.Zaha Hadid Architects [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.zaha-hadid.com/>

13.Коноваленко Г. Кінетичні фасади: технологія комфортного мікроклімату [Електронний ресурс] / Галина Коноваленко. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://okna.ua/ua/library/art-kinetychni_fasady_tekhnolohiya.

14. Київська К.І. Інформаційні інтегровані технології моделювання об'єктів будівництва: автореф. дис... канд. техн. наук : 05.13.06 / Київська Катерина Іванівна – Київ, 2016. – 20 с.

Annotation

This article describes the development and advantages of computer technologies in design. In the course of writing were reviewed and analyzed the literary sources related to the dimensional modeling of design forms which were the basis for revealing the peculiarities of shaping and construction of the modern 3D forms: traditional, inversion, generative, interactive. There are presented the main software products due to which 3D objects can be easily created; substantiated shaping features of computer modeling. This article also classifies actual algorithms and approaches for creation of design forms, effective ways of construction the dimensional objects. There are defined the areas of usage of such technology, the major programs and types of 3D modeling. The work outlines the feasibility of using polygon in order to increase the overall productivity of creating a computer model of the product. Also, there is given an example of the algorithm.

Key words: 3D modeling, 3D graphics, design, computer modeling, volumetric and spatial modeling, model, layout, prototype, fast prototyping, 3D print.

Аннотация

В данной статье рассмотрено развитие и преимущества компьютерных технологий в дизайне. Проведены осмотр и анализ литературных источников, касающихся тематики трехмерного моделирования дизайнерских форм, на основе которых были обнаружены особенности формообразования построения современных 3D форм: традиционное, инверсионное, генеративное, интерактивное. Представлены основные программные продукты, с помощью которых легко создать 3D объекты. Обоснованы формообразующие свойства компьютерного моделирования. Разобраны актуальные алгоритмы и подходы к созданию дизайнерских форм, эффективные способы построения трехмерных объектов. Определены сферы применения данной технологии, основные программы и виды 3D моделирования. В работе представлена целесообразность использования полигональных поверхностей для увеличения общей продуктивности создания компьютерной модели изделия. Приведен пример алгоритма.

Ключевые слова: 3D моделирование, 3D графика, дизайн проектирования, компьютерное моделирование, объёмно-пространственное моделирование, макет, макетирование, прототип, быстрая прототипизация, 3D печать.

Стаття надійшла до редакції у березні 2018р.