

Святослав Бердинських*кандидат технічних наук, учений секретар
відділення образотворчого мистецтва НАМУ*

Комбінаторика і деформація об'єкта рисованої графіки (на прикладі «живої» лінії)

Анотація. Розглянуто процедури деформації та комбінаторики рисованого зображення засобами комп'ютерної графіки (на прикладі «живої» лінії). Проаналізовано процеси площинного формоутворення на основі комбінаторних поєднань рисованої фігури та її проєкціювання на різноманітні полігональні поверхні у «тривимірному» просторі, дана оцінка пластичним властивостям отриманого об'єкта.

Ключові слова: комбінаторні перетворення, комп'ютерна графіка, графічний образ, художнє формоутворення, «жива» лінія.

Постановка проблеми. Останнім часом проектна графіка усе частіше апелює до використання синтезу рукотворних технік і цифрових засобів візуалізації. Новітні комп'ютерні інструменти значно розширили спектр комбінаторних дій щодо трансформації зображення, однак прийоми традиційного графічного мистецтва в арсеналі дизайнера досі посідають чільне місце завдяки широкому спектру його виражальних властивостей. Тому рукотворна «жива» лінія як основний елемент зображення потребує дослідження в цьому напрямку, зокрема проведення аналізу її формотворчих властивостей у поєднанні з арсеналом засобів сучасного графічного інструментарію.

Актуальність дослідження полягає у недостатній вивченості ряду питань застосування синтезу графічних засобів формоутворення у сучасному дизайні.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тема роботи пов'язана із важливими науковими та практичними завданнями в контексті дослідження методів і засобів створення властивостей об'єктів дизайну, що визначають їхні естетичні, функціональні та інші характеристики.

Аналіз досліджень і публікацій. Використанню інструментів класичної рукотворної графіки в системі художньо-архітектурного формоутворення присвячені роботи Б. Бархіна («Методика архітектурного проєктирования в системе архитектурного образования»), К. Зайцева («Графика и архитектурное творчество»), К. Кудряшова («Архитектурная графика»), Д. Чіня Франсіса («Архитектурная графика») [2, 3, 5, 7], у яких розглянуто можливості і методи творчого застосування засобів, прийомів і матеріалів традиційного графічного мистецтва в зображувальних завданнях, що виникають у процесі проєктування.

Можливі процедури комп'ютерної трансформації зображень розглядаються

у роботах, які мають переважно прикладний характер. Зокрема у книзі С. Еліота та Ф. Міллера («Внутренний мир 3D Studio MAX») [6] показано, як проектувати і створювати різноманітні форми об'єктів: розглядаються принципи трансформацій і деформацій, текстуркування і нанесення фактур.

Про роль комбінаторики в художньому формоутворенні та її різновиди йдеться в статті М. Яковлева та С. Бердинських «Комбінаторні операції з графічними образами в сучасному формотворчому процесі» [8], в якій подано один із комбінаторних способів формоутворення через комп'ютерну трансформацію рисованої форми.

Зазначення невіршених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Стан висвітлення питання у наявних літературних джерелах свідчить про недостатність дослідження низки властивостей сучасних графічних засобів, створених синтезом традиційної графіки з цифровими технологіями.

Новизна наукового дослідження. У роботі вперше здійснено аналіз способів формоутворення на основі комбінаторики і деформації «живої» лінії, визначено їхній вплив на естетичну оцінку кінцевої форми.

Методологічне або загальнонаукове значення авторських розробок. Результати роботи мають значення для розробки комплексної методики використання засобів графічного інструментарію у дизайні-практиці.

Виклад основного матеріалу. У більшості відомих традиційних графічних технік лінія – основний їхній конструктивний елемент, що несе в собі колосальні виражальні можливості. Створення лінії – кінестетична дія – наслідок руху інструмента по графічній поверхні. Історично склалося, що кожен рух людини здатен нести свою емоцію, має певне символічне значення, викликає різні асоціації. В такому разі графічний інструмент, скерований вільним рухом руки, утворює «живі лінії», які, залежно від характеру руху, мають деяке емоційне забарвлення: агресивна лінія, ніжна лінія, тремтлива лінія тощо. Таким чином, властива лінії ірраціональність робить її засобом передачі певної емоції. Жива лінія в проєктній графіці залежно від інструмента виконання також здатна передавати фактуру матеріалу просторового об'єкта. Залежно від натиску та розташування інструмента щодо площини зображення рисована лінія може змінювати товщину і текстуру, що надає їй живописного характеру. Завдяки цьому рисована лінія також здатна створювати ілюзію об'ємності зображуваного об'єкта.

Лінія використовується для організації маси плями, коли характер і напрямок ліній визначають динаміку, пластику зображеного, асоціативні властивості тощо. Так, при рівномірному розташуванні прямих ліній з однаковим кроком виникає ілюзія площинності форми, тоді як нерівномірні відстані між лініями при побудові плями створюють ілюзію викривлення площини зображення. Як показує практика, змінюючи щільність плями, тобто товщину та кількість ліній на одиницю площі зображення, можна моделювати такі властивості просторових форм, як силуєт, світлотінь. В іншому ж разі лінія – основний формотворчий елемент текстури зображення.

Характер лінії помітно впливає і на сприйняття змісту зображення. Важливо, що за допомогою характеристик лінії можна моделювати не лише

форму об'єкта, а й ті властивості, яких за нормальних умов не видно (структурні властивості, фізичні властивості матеріалу, характер поверхні, хімічні властивості, основну функцію, характер взаємодії з іншими предметами, живими об'єктами, організмами та явищами тощо). Інформація про ці властивості може бути закладена у зображення через асоціативність нашого сприйняття.

Із запровадженням у практику графічного формоутворення цифрових технологій спектр використання властивостей лінії збільшується завдяки операціям комбінаторики та деформування графічних образів, які дають нові способи конструювання форм на основі базового елемента.

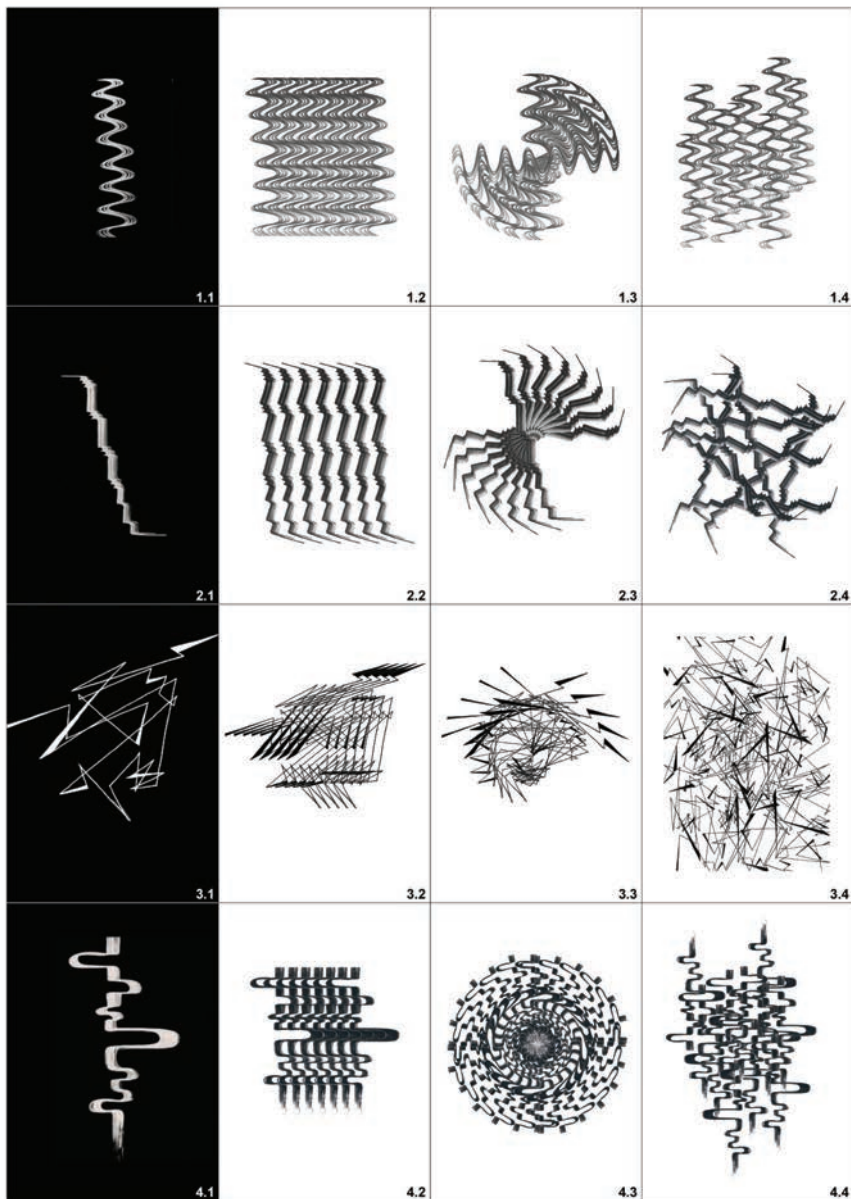
Розглянемо можливості комбінаторних операцій з лінійними утвореннями.

Як вихідне зображення для здійснення комбінаторних операцій приймаємо рисовану на папері «живу» лінію, яка після сканування з високою роздільністю переноситься у цифровий простір.

Для проведення цього дослідю свідомо вибираємо чотири лінії, що суттєво відрізняються одна від одної за своїми ознаками: способом утворення, пластикою, ритмічною будовою. Так, лінія, зображена на іл. 1 (1.1), має домінуючий активний вертикальний напрямок і характеризується криволінійною пластикою з помітно вираженою монотонністю в ритмічній будові і нагадує синусоїду. В цілому, за асоціативними властивостями її можна охарактеризувати як м'яку. Інша лінія на іл. 1 (4.1) – також з домінуючим вертикальним спрямуванням, але складніша за ритмікою, у її структурі чітко виражені активні горизонтальні відгалуження різної довжини. Завдяки своїй будові вона може асоціативно характеризуватися як пружна, жорстка. Лінія на іл. 1 (3.1) істотно відрізняється від двох попередніх, оскільки має в основі тонку ламану лінію, гострі кути з невеликими розширеннями і своєю ритмічною будовою близька до хаотичної. Асоціативну характеристику такої лінії можна сформулювати як «колюча», «гостра». Іл. 1 (2.1) – лінія, що має діагональний, спадаючий напрямок руху, складається з відносно коротких вертикальних відрізків, з'єднаних невеликими пульсуючими дугами, які зміщують основну вісь убік. Лінія має горизонтальні загострення з обох боків. За певними ознаками така лінія подібна до водоспаду. Тому можна охарактеризуємо її як «стікаючу».

Проведемо дослідження комбінаторних операцій над цими графічними образами. Завдання полягає у створенні площинних утворень за допомогою використання певної закономірності в повторенні елемента. Такими закономірностями може бути ритмічне чергування елемента в лінійному напрямку (симетрія перенесення), в напрямку обертання (симетрія обертання), складне хаотичне ритмічне чергування зі зміщеннями в розташуванні елементів, поворотом, зміною розміру тощо.

Для виконання операцій використовуємо простір растрового графічного редактора «Adobe Photoshop». За допомогою інструмента виділення «Magic Wand Tool» відокремимо білий фон від зображеного елемента, а сам елемент копіюємо. Створюємо нове поле і вносимо в нього виділений скопійований елемент. Внесений об'єкт на полі автоматично належить до нового шару (Layer 1). Отже, такий елемент можна легко пересувати в межах даного поля, а за допомогою певних команд (Transform) змінювати його розміри (Scale) і обертати (Rotate).



Іл. 1. Комбінаторні операції з базовим графічним елементом на площині

Щоб дублювати графічний об'єкт, використовуємо команду «Duplicate layer», попередньо вказавши у вікні «Layers» потрібний шар, до якого належить об'єкт. При дублюванні об'єкт стає належним до автоматично створеного нового шару, тому скопійований об'єкт може редагуватися незалежно від інших.

Спочатку побудуємо площинну форму на основі метричного повторення базового елемента способом паралельного перенесення. Для цього дубльовані об'єкти по чергово переносимо праворуч на однакову відстань (іл. 1 (1.2, 2.2, 3.2, 4.2)). Очевидно, властивості утвореної форми будуть залежати від кроку перенесення, тобто, що менший крок між лініями, то більша візуальна маса утвореної плями і, відповідно, більше посилюється ілюзія викривленої цілісної площини. На якість утвореного зображення впливає також напрямок перенесення лінії. Так, якщо цей напрямок збігається з основними структурними напрямками базової лінії, утворена форма здається ціліснішою.

Цікаво, що при паралельному перенесенні лінії, що характеризується складною ламаною будовою, отримуємо структуру з ілюзією просторовості.

Як результат таких операцій отримуємо площинні форми з помітно вираженими пластичними властивостями, які визначаються характером основної формотворчої лінії. Видно, що утворена фігура здається виразнішою, порівняно з лінією. Це відбувається завдяки повторенню, що посилює властивості та емоційний вплив елемента.

Слід сказати, що отримані структури мають здатність лінійно заповнювати площинний простір будь-якого розміру. На якість сприйняття цих структур впливатиме також їхня масштабність.

Наступний експеримент – побудова площинної форми на основі метричного повтору базового графічного об'єкта способом повороту в площині навколо певної точки простору (симетрія обертання). Для цього використовуємо операцію «Rotate». Кожен дубльований елемент по черзі повертаємо на 15 градусів. У результаті отримуємо замкнену площинну форму, подібну до кола, але з пластичними властивостями, які притаманні базовій лінії (іл. 1 (1.3, 2.3, 3.3, 4.3)). На результат також впливатиме вибір точки – центра обертання. Отримана фігура, однак, володіє певною динамікою обертання, яка певною мірою також залежить від структури формотворчого елемента.

Третій експеримент демонструє способи утворення площинної форми шляхом хаотичного розміщення ліній у площині. У цьому експерименті для досягнення ефекту хаотичності користуємося додатковими інструментами трансформації. Так, на іл. 1 (1.4) для посилення різноманітності використовуємо різний масштаб у зображенні ліній, на іл. 1 (2.4 і 3.4) – різний кут повороту, а на іл. 1 (4.4) – дзеркальні відображення лінії (при цьому вертикальність лінії зберігаємо). Слід сказати, що в даному разі за рахунок накладення ліній виникає структура з ілюзією багатоплановості в будові глибинного простору (це явище має назву «оверлепінг»). Так, завдяки хаотичності в розміщенні лінійних утворень, що характеризуються раціональністю будови, отримують нові властивості.

Одним із можливих напрямів використання нереалізованих властивостей лінії є її просторові викривлення (деформації), що породжують зміну форми. Таким чином, зображення лінії, створене традиційними технічними засобами на папері, а згодом перенесене у цифровий простір завдяки використанню програм тривимірного моделювання, набуває великого спектру різноманітних інтерпретацій. Тобто, на основі одного графічного образу створюється ціла низка різноманітних зображень, споріднених за базовим формотворчим елементом, частина властивостей якого зберігається (зокрема текстура, колір, пластика, ритміка). Завдяки цьому отримані зображення характеризуються цілісністю усієї серії.

Геометрична основа таких операцій – афінні та проєктивні перетворення, а також способи проєкціювання зображення на гранчасті та криволінійні поверхні.

На характер отриманої серії зображень впливає характер базового елемента, який може будуватися за принципом прямолінійності або криволінійності, а також геометричні характеристики просторової форми. Так, проєкція накладеної прямої лінії на криволінійну поверхню буде кривою лінією, а в разі, коли лінія накладається на гранчасту поверхню, вона в проєкціюванні стає ламаною. Окрім того, на якість зображення впливатиме тип проєкціювання – паралельне чи центральне, а також вибір та гострота ракурсу.

Для проведення експерименту як базу для перетворень обираємо лінію, зображену на іл. 1 (1.3), пластичні властивості якої були описані вище. Слід сказати, свідомо обираємо образ, що характеризується помітно вираженими вертикальними та горизонтальними напрямками руху, оскільки це важливо для наочності та розуміння принципів деформації.

Для виконання просторових деформацій даного лінійного утворення скористаємося середовищем програми тривимірного моделювання «3ds Max».

Задля проєкціювання площинного зображення лінії на просторові форми скористаємося картою (Map) матеріалу (Material). Це зручно, оскільки матеріал з певними параметрами можна присвоювати будь-якій створеній у програмі формі. Карта матеріалу (Map) проєкціюється на поверхні тривимірних форм відповідно до способу їхнього описання. Слід сказати, що програма «3ds Max» дає елементарні криволінійні форми багатогранниками, в яких, збільшуючи кількість граней, можна посилювати ефект реалістичності зображення та нівелювати гранованість фігури. Будь-яка карта матеріалу, по суті, є площинною формою і накладається на поверхню об'ємної фігури за принципом розгортки, відтак кожній грані багатогранника відповідає прямокутна клітинка карти матеріалу. Таким чином, якщо грань багатогранника є трикутником, то відповідна прямокутна клітинка карти проєктивно викривлюється у трикутник.

Для проєкціювання зображення лінії на поверхні об'ємних форм у параметрах матеріалу використовуємо карту прозорості (Opacity). Оскільки при побудові зображення найтемніший піксель прораховується програмою як прозорий, а залежно від наближення кольору пікселя до білого відбувається зменшення прозорості пікселя під час прорахунку, то перед цим у програмі «Photoshop» необхідно зробити інверсію кольорів базового зображення. Після цього присвоюємо карті прозорості отримане зображення, вказавши файл зі збереженим зображенням. За основний колір матеріалу (Ambient color) обираємо чорний. Щоб уникнути власних тіней при побудові зображень, у вікні «Environment» зменшуємо рівень освітленості (Global lighting) до нуля, при чому розсіяне освітлення (Ambient) робимо максимальним, тобто вказуємо білий колір. Для забезпечення контрастності отриманих зображень колір фону також обираємо білий. Таким чином, після процедури рендерингу ми будемо бачити лише проєкцію лінії.

Ту саму лінію можна накладати на просторові форми різними способами, змінюючи масштаб і кут накладення. Для цього в редакторі карти матеріалу маємо змінювати значення кута повороту зображення до нормалі. Розглянемо декілька типових завдань, в яких спроєкціюємо базове зображення на прості геометричні форми (примітиви). Серед криволінійних поверхонь у цьому експерименті будемо використовувати кулус та поверхні з подвійною кривизною (куля, тор, параболоїд). Серед гранчастих поверхонь – куб

та ребристу складчасту поверхню. Результати експерименту зображені на іл. 2.

У проєкціюванні зображення на складчасту поверхню, що характеризується жорсткою метричною структурою будови, помітно зміну пластичних властивостей лінії (іл. 2 (1.2)), що набуває структурованості та організованості. Отже, можна помітити, що якість кінцевого зображення є певною сумою властивостей лінії та властивостей поверхні основи.

У результаті проєкціювання лінії на поверхню куба лінія наче ламається по гранях, набуває просторовості, стає живішою та різноманітнішою.

Цікаві результати проєкціювання зображення на кулю. Відомо, що існує багато способів описання поверхні кулі. В даному разі куля описується як апроксимація сітки з меридіанів і паралелей у багатогранник. У першому випадку спроекціємо зображення, щоб основний вертикальний напрямок лінії був паралельним до меридіану кулі. На іл. 2 (2.2) зображено результати даного експерименту. Як бачимо, лінія наче лягає на дану форму. Основна вертикаль лінії завертається та звужується в початкових і кінцевих точках, горизонтальні відгалуження її «лягають» на паралелі кулі і таким чином набувають еліпсоподібної форми. Тепер повернемо напрямок проєкціювання карти зображення на 90 градусів за параметром «W». Як бачимо, лінія в результаті цього обходить кулю по паралелі, а горизонтальні відгалуження лінії накладаються на меридіани кулі (іл. 2 (2.3, 2.4)). Іл. 2 (2.4) показує, що на боковій ортогональній проєкції кулі зберігається прямолінійність центральної осі лінії, водночас, на інших малюнках всі прямолінійні елементи перетворюються на еліптичні криві лінії.

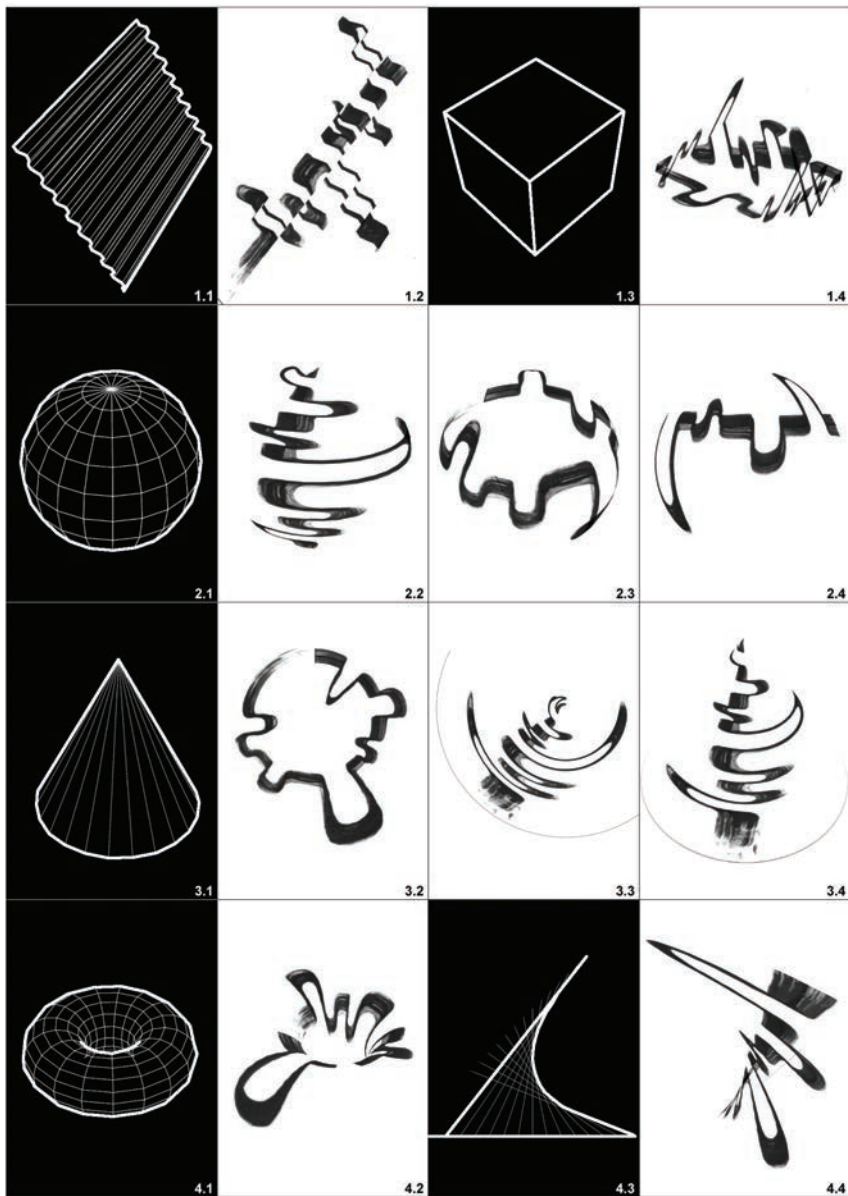
Наступний приклад показує результати проєкціювання лінії на конічну поверхню. Цікаво, що за певних умов (коли зображення проєкціюється так, що основна вісь лінії стає паралельною до основи конуса) на ортогональній проєкції конуса при вигляді зверху отримуємо лінію, замкнену колоподібним рухом (іл. 2 (3.2)). Таким чином можна перетворити основну структуру лінії з вертикальної на колоподібну, наче скрутити лінію в дугу. За умови, коли основний напрямок лінії проєкціюється паралельно до твірної конуса, отримуємо зображення, де лінія звужується до краю, а горизонтальні відгалуження її трансформуються в колоподібні (іл. 2 (3.3, 3.4)).

Також цікавим є результат проєкціювання зображення на тороїдальну поверхню (іл. 2 (4.2)) та поверхню гіперболічного параболоїда (іл. 2 (4.4)). Оскільки ці форми утворені поверхнею з подвійною Гаусовою кривизною, результат проєкціювання характеризується виразністю і динамічністю. Наприклад, проєкція лінії на тороїдальну поверхню дає образ, схожий на вибух, вквітку, фонтан. Проєкція лінії на гіперболічний параболоїд викликає ілюзію просторового кручення лінії.

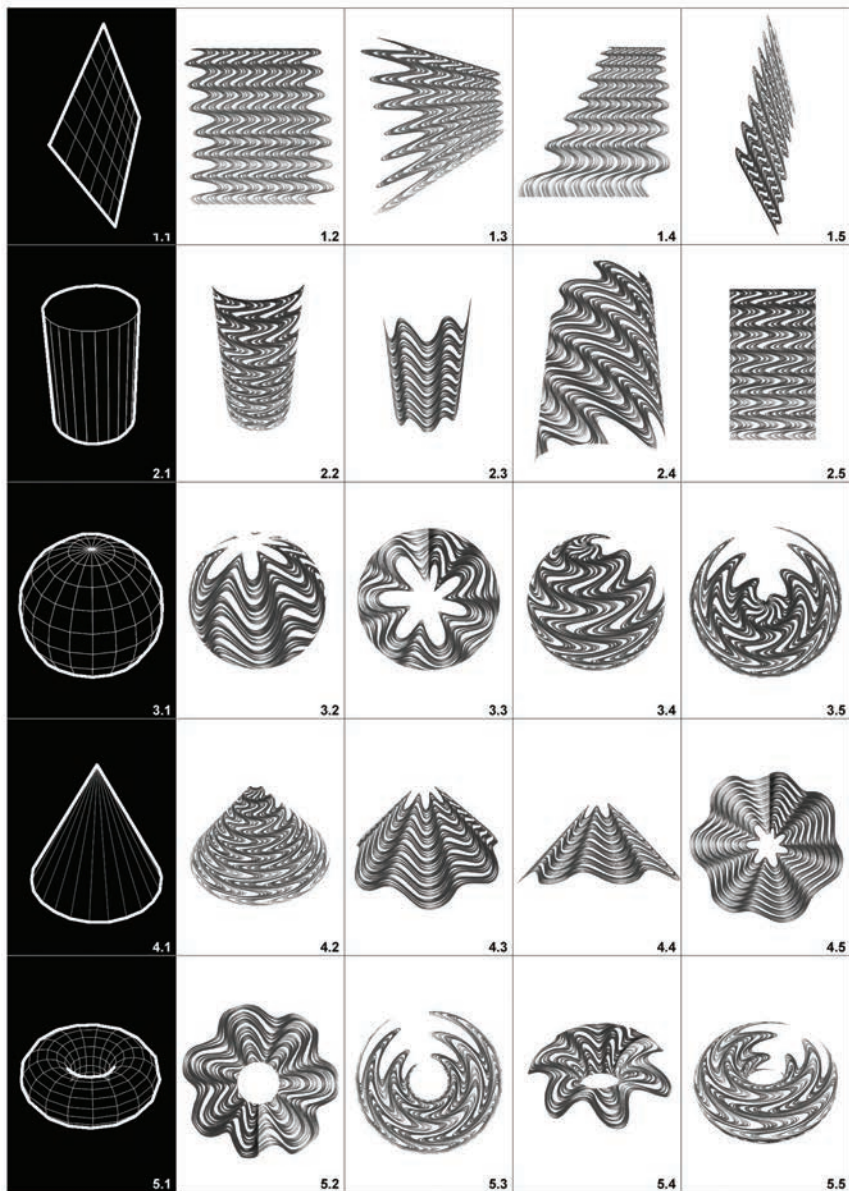
Наступний експеримент, по-суті, подібний до попереднього, тому нема потреби описувати алгоритм його виконання. Основна відмінність його лише в тому, що замість лінії на поверхню просторових форм будемо проєкціювати створену в результаті першого дослідження площинну форму, зображену на іл. 2 (1.2). Результати експерименту показані на іл. 3.

Окрім вище згаданих форм, у таблиці також наведено результати проєкціювання графічної фігури на циліндричну поверхню під різними кутами та з різних ракурсів (іл. 3 (2.2–2.5)).

Зазначимо, що у процесі розробки нових інструментів формоутворення за даним алгоритмом можна досліджувати взаємодію графічних образів із складнішими об'ємно-просторовими формами та утвореннями.



Іл. 2. Деформація лінійного зображення за допомогою проєкціювання на поверхню просторових тіл



Іл. 3. Деформація площинної форми шляхом проєкціювання на поверхню просторових тіл

Висновки. Комп'ютерна графіка, ставши основним інструментом формальної комбінаторики та деформації, відкрила потенціал нових можливостей щодо зміни властивостей зображень, зокрема створених традиційними засобами.

З'ясовано, що площинна комбінаторика з рисованим об'єктом – дієвий спосіб моделювання форм з різними асоціативними ознаками, які визначаються характером самого елемента з одного боку, а з іншого – комбінаторною операцією, якою можна або посилювати властивості початкової форми, або надавати їм нових комбінаторних якостей в процесах моделювання.

Проекціювання «рукотворного» зображення на просторову форму – ефективний інструмент зміни його пластичної будови. Виявлено процедури, які призводять до ілюзії викривлення, деформації поверхні, на яку проєкціюється рисунок, як наслідок – до утворення складної, однак виразної пластики зображення.

Дані процедури можна використовувати в процесі пошуку просторової форми, зокрема – на початкових стадіях проектування. З іншого боку (як навчальні вправи з формотворення) вони дають уявлення про способи побудови складних пластичних утворень.

Перспективи подальших досліджень. Проведені у даній роботі дослідження можуть бути використані для створення систематизованої методики застосування засобів проектної графіки у формотворчому процесі.

1. Берже М. Геометрия / М. Берже. – тт. 1,2. – М. : Мир, 1984.
2. Бархин Б. Г. Методика архитектурного проектирования в системе архитектурного образования / Б. Г. Бархин. – М. : Стройиздат, 1969. – 224 с.: ил.
3. Зайцев К. Г. Графика и архитектурное творчество / К. Г. Зайцев. – М. : Стройиздат, 1979. – 160 с.: ил.
4. Кандинский В. Точка и линия на плоскости / В. Кандинский; [пер. с нем. Е. Козиной]. – СПб. : Азбука-классика, 2005. – С. 63–232.
5. Кудряшов К. В. Архитектурная графика. Учебное пособие / К. В. Кудряшов. – М. : Архитектура–С, 2006. – 312 с.
6. Элиот С. Внутренний мир 3D Studio MAX (в 3-х томах) / С. Элиот, Ф. Миллер; [пер. с англ.]. – К. : Diasoft, 2003. – 3 т.
7. Чинь Франсис Д. К. Архитектурная графика / Д. К. Чинь Франсис; [пер. с англ.]. – М. : АСТ : Астрель, 2007. – 215, [9] с.: ил.
8. Яковлев М. І., Бердинських С. О. Комбінаторні операції з графічними образами в сучасному формотворчому процесі / М. І. Яковлев, С. О. Бердинських // Українська академія мистецтва. Дослідницькі та науково-методичні праці. – К., 2016. – Вип. 25. – С. 132–141.

**Комбинаторика и деформация объекта рисованной графики
(на примере «живой» линии)**

Святослав Бердинских

Аннотация. Рассмотрены процедуры деформации и комбинаторики рисованного изображения средствами компьютерной графики (на примере «живой» линии). В частности проанализированы процессы плоскостного формообразования на основе комбинаторных сочетаний рисунка, а также проецирования его формы на различные полигональные поверхности в «трехмерном» пространстве, дана оценка пластическим свойствам полученного объекта.

Ключевые слова: комбинаторные преобразования, компьютерная графика, графический образ, художественное формообразование, «живая» линия.

**Combinatorics and deformation of the drawn graphics object
(using the example of a «live» line)**

Sviatoslav Berdinskykh

Abstract. Deformation procedures and combinatorics of the drawn image (using the example of a «live» line) using computer graphics are reviewed. In particular, the processes of planar shaping on the basis of combinatorial shaping of the given object and projecting its shape onto various polygonal surfaces in «three-dimensional» space are analyzed. The influence of these methods on the evaluation of the plastic properties of the object is analyzed. Technological scenarios of computer implementation of such transformations are described in detail.

It is found that a plane combinatorics with a drawn object is an effective way of modeling forms with different associative attributes. These characteristics are determined by the nature of the element itself on one hand, and on the other by a combinatorial operation, using which one can either enhance the properties of the initial form, or provide them with new compositional qualities in the process of modeling. Also, projecting a «man-made» image onto a spatial form is an effective tool for changing its plastic structure. Procedures have been identified that lead to the illusion of distortion, deformation of the surface, onto which the image is projected which in turn leads to the formation of a complex but expressive image plastics. These procedures can be used in the process of search for the spatial form, in particular, at the initial stages of designing. On the other hand, as a training exercise for shaping, they give an idea how to build complex plastic formations.

Key words: combinatorial transformations, computer graphics, graphic image, artistic shaping, «live» line.