



№ 36 (2024) С. 203–213
National Academy of Fine Arts and Architecture
Collection of Scholarly Works
«Ukrainian Academy of Art»
ISSN 2411–3034
Website: <http://naoma-science.kiev.ua>

УДК 7.73.021

ORCID ID: 0009-0002-8914-3579

DOI <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2024-36-22>

Сергій Щербаков

аспірант кафедри скульптури

Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури

shcherbakovsergo@gmail.com

Науковий керівник – Н. Ревенок, кандидатка мистецтвознавства, доцентка

Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЇ 3D ТА AR ЯК ЗАСОБИ ТВОРЧОГО ВИРАЖЕННЯ СКУЛЬПТОРА

Анотація. *Мета статті* – дослідження впливу сучасних цифрових комп'ютерних технологій на процес створення скульптури, розширення можливостей творчого вираження у віртуальному просторі, а також виявлення окремих художніх і технологічних засобів. Цей напрямок доповнюється також аналізом структурних елементів 3D-скульптури та послідовності її створення. **Методи дослідження.** В основу розвідок покладено використання загальнонаукових методів, зокрема аналітичного, синтетичного, типологічного, порівняльного, методу систематизації та узагальнення. Крім того, застосовано міждисциплінарні та спеціальні методи, що дало змогу об'єднати знання з галузей нових медіа, мистецтва і технологій. Це уможливило виділення структурно-стилістичних та композиційних елементів цифрової скульптури. Ключовим у дослідженні є підхід, який поєднує естетичний аналіз і образно-стилістичний метод із вивченням технологічних інновацій, що впливають на форми та функції скульптури. **Результати дослідження.** У статті встановлено взаємозв'язок між мистецтвом і сучасними технологіями, націленими на реалізацію скульптурних проєктів, а також представлено детальний огляд процесу створення цифрових скульптур. Практичні й методологічні результати дослідження можуть бути використані для подальшого розгляду актуальних проблем мистецтвознавства, естетики тощо. Зокрема, вони сприятимуть ґрунтовному аналізу процесів стилеутворення в сучасному мистецтві та дослідженню художньо-естетичних особливостей цифрових і традиційних форм образотворчого мистецтва. **Висновки.** У процесі дослідження проаналізовано окремі аспекти технології створення цифрових скульптур із застосуванням доповненої реальності, що відкриває широкі перспективи для їхньої реалізації у різноманітних скульптурних композиціях та образах за допомогою спеціальних пристроїв. Це дає змогу не лише відтворити творчі задуми художника, але й втілити їх у матеріалі. Технологічні можливості 3D та AR дають змогу надавати скульптурі більш досконалий образ, розробляти необхідну текстуру поверхні та навіть анімувати окремі її частини. Віртуальний простір, на протигагу традиційним методам створення скульптур, дає можливість відтворювати ідеї без обмежень, таких, наприклад, як розмір скульптури чи вплив гравітації. Таким чином, він відкриває нові можливості для експериментів зі створення віртуальних цифрових скульптур із застосуванням різних художніх та технологічних засобів.

Ключові слова: скульптура, мистецтво, віртуальний простір, AR-технології, цифрові технології, 3D-моделювання.

TECHNOLOGIES OF 3D AND AR AS A MEANS OF CREATIVE EXPRESSION OF THE SCULPTOR

Serhiy Shcherbakov

Graduate Student at the Department of Sculpture
National Academy of Fine Arts and Architecture
shcherbakovsergo@gmail.com

Academic supervisor – N. Revenok, PhD of art History
National Academy of Fine Arts and Architecture

Abstract. The purpose of the article is to study the impact of modern digital computer technologies on the process of creating a sculpture, expanding the possibilities of creative expression in the virtual space, identifying individual artistic and technological means. This direction is also complemented by consideration of the structural elements of 3D sculpture and the sequence of its execution. **Research methods.** The research is based on the use of general scientific methods, such as analytical, synthetic, typological, comparative, method of systematization and generalization, as well as interdisciplinary and special methods, which allowed to combine knowledge from the field of new media, art and technologies and to highlight structural-stylistic and compositional elements of digital sculpture. The key is the approach that combines aesthetic analysis and the figurative-stylistic method with the study of technological innovations that affect the forms and functions of sculpture. **Research results.** The proposed article reveals the relationship between art and modern technologies aimed at the implementation of sculptural projects, provides a detailed overview of the process of creating digital sculptures. The practical and methodological results of the research can be used for further development of current problems of art history, aesthetics, etc. In particular, for a thorough analysis of the processes of style formation in modern art, as well as for the study of artistic and aesthetic features of individual forms of digital and other types of fine art. **Conclusions.** In the process of research, certain aspects of the technology of creating sculptures using augmented and virtual reality were analyzed, which open up wide prospects for their implementation for the realization of various sculptural compositions and images with the help of special devices, which allows not only to reproduce the creative ideas of the artist, but also to embody them in the material. Technological means of 3D and AR technologies allow to give the sculpture a more perfect image, to develop the necessary surface texture, even to animate some of its parts. Virtual space, in contrast to traditional methods of creating sculptures, provides an opportunity to reproduce ideas without restrictions, such as, for example, the size of the sculpture, or the influence of gravity. That is, it provides an opportunity to experiment, create virtual digital sculptures, using various artistic and technological means.

Key words: sculpture, art, virtual space, AR technologies, digital technologies, 3D modeling.

Постановка проблеми. Сучасний світ мистецтва перебуває в постійному розвитку під впливом технологічного прогресу. Сьогодні важко знайти людину, яка не користується продуктами розвитку інформаційних технологій, що охопили всі сфери діяльності, зокрема й мистецтво. Митці, розширюючи межі творчості, досліджують нові способи самовираження за допомогою цифрових інструментів і платформ. Одним із найновіших напрямків у скульптурному мистецтві є використання технологій доповненої реальності (AR-Augmented Reality) та 3D-моделювання, що зумовило розширення свідомості як авторів виставкових робіт, так і глядачів.

Останнім часом 3D та AR стали одними з найпопулярніших медійних засобів, що змінили традиційні уявлення про сучасне мистецтво. Ці технології дають змогу митцям створювати предмети, які існують у віртуальному просторі та взаємодіють з реальним середовищем. Завдяки спеціальним пристроям, що імітують реальність (VR-симулятори, окуляри,

планшети, AR), наразі є можливість побачити ці твори. Доповнена реальність створює нові умови для організації творів мистецтва, зосереджуючи увагу на формуванні їхньої візуальної складової, вивченні соціокультурної реальності та дослідженні людини в усіх її проявах під час взаємодії з AR і VR (VR-Virtual Reality). Однак постає питання: наскільки ефективними є ці інструменти для вираження композиційних ідей скульптора і як вони впливають на процес творчості та сприйняття мистецтва глядачем?

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі з мистецтвознавства відома низка досліджень, присвячених технологіям доповненої реальності та 3D і їхньому застосуванню в різних видах мистецтва. Новітні методи створення художніх форм за допомогою комп'ютерних технологій досліджуються як зарубіжними, так і українськими науковцями. Розвідки в цій галузі підкреслюють важливість цифрових технологій у трансформації художнього процесу та розширенні можливостей митців. Наприклад, роботи таких авторів,

як В. Волинець, О. Попінова, Г. Крюкова, Т. Миронова, акцентують увагу на тому, що AR та VR дають змогу створювати інтерактивні скульптури, які змінюються залежно від навколишнього середовища та дій глядача. Авторка статті «Інтеграція віртуальної та доповненої реальності у мистецтво» В. Волинець зазначає, що «...технологічні зміни впливають на всі аспекти суспільного життя та залучають кожного до інтерактивного творчого процесу. Сучасні культурні установи змушені враховувати ці тенденції, будувати стратегії розвитку і взаємодіяти з різними групами інтересів, використовуючи технології віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальності» [1, с. 11–12].

Про необхідність спеціального вивчення цієї проблеми наголошується у статті «Інтеграція технологій і образотворчого мистецтва: від комп'ютера до цифрових медіа» О. Попінової та Г. Крюкової, які зазначають, що «...технології віртуальної, розширеної чи доповненої реальності дають творцям можливість створювати живописні твори в імерсивному середовищі, в якому вони можуть з ними взаємодіяти в тривимірному просторі», а «використання різних цифрових платформ дає змогу забезпечити віртуальний доступ до музеїв, виставок, галерей та ін.» [2, с. 260–265].

Головною метою дослідників Оклендського технологічного університету, А. Нерн (A. Nairn) та Дж. Метьюз (J. Matthews), у статті «Вивчення інтеграції мистецтва та технологій» є стимулювання критичних дискусій щодо майбутнього мистецтва і наслідків технологічного прогресу. Автори зазначають, що новітні технології дають митцям більше свободи для творчості та прямого спілкування зі своїми шанувальниками через платформи соціальних мереж [3, с. 3–10].

Автор Є. Рейлі у своїй праці «Аналіз традиційних та цифрових методів створення тривимірних творів мистецтва» описав можливість створення робіт у 3D-програмах, зобразив можливі переваги й недоліки цифрового та традиційного ліплення, але не розглянув спосіб використання цих скульптур у доповненій реальності за допомогою пристроїв, які зараз стали буденністю [4].

Основні положення, висловлені у статті А. Білик «Особливості сучасної скульптури», дають розуміння, що процес створення сучасних скульптур передбачає використання нових матеріалів і технологій. Це не тільки традиційні матеріали, такі як пластик, гума, дерево, метал, квіти, папір, але й технології 3D, AR

та VR, що відкривають можливості для нових художніх експериментів [5].

У роботі Т. Миронової «Віртуальна і доповнена реальності в творчості митців» проаналізовано використання цих технологій у творчості українських митців останнього тридцятиліття. Авторка зазначила, що «...від простого захоплення технологіями сучасне покоління художників швидко перейшло до якісних та змістовних вимог, концептуальності та комунікаційних зв'язків між автором, глядачем і художнім твором, що потребує від митців розуміння сучасних технологій, володіння традиційними техніками зображення» [6, с. 141–151]. Проблематику впровадження технологій тривимірного моделювання в процес підготовки майбутніх фахівців описує Г. Чемерис у статті «Тривимірне моделювання та гейм дизайн у професійній підготовці майбутнього дизайнера» [7].

Дослідники В. Астахов та С. Болтач у тезах на тему «Порівняльний аналіз використання доповненої та віртуальної реальності у сфері розробки ігор» розповіли про AR та VR технології сьогодення, їхні дефініції та можливості, а також на основі ігрової сфери проаналізували застосування таких технологій [8].

Істотне значення має дослідження сучасного афінського цифрового художника А. Мартінакіса, який створює потойбічні цифрові скульптури в жанрі футуристичного віртуального арту. Кожен тривимірний образ автора має своє власне життя і являє собою сюрреалістичне зображення людської форми [9]. Ще одним представником цифрового мистецтва є Чад Найт, який розміщує свої віртуальні скульптури в пейзажах, наближених до реальності [10].

У 2017 році представники компанії Snapchat встановили в Центральному парку Нью-Йорка віртуальну артінсталяцію – копію скульптури «Balloon Dog» Джеффа Кунса в доповненій реальності. Це створило нову естетичну цінність, поєднавши мистецтво й технології в екологічному форматі. Глядачі могли побачити AR-скульптуру через камеру в додатку Snapchat, перебуваючи поруч з локацією [11].

Згодом, у 2024 році, був створений новий AR-проект під назвою «Ghost Variations» за ініціативою AR розробниці А. Зефара та цифрової художниці С. Кан у партнерстві з «The Lincoln Center» та «Snapchat». Цей проект поєднує цифровий і традиційний досвід мистецтва, демонструючи інноваційні можливості для сучасної художньої практики [11].

Мета статті. Мета статті — дослідження впливу цифрових технологій на розвиток можливостей художнього вираження скульпторів у віртуальному просторі. Розглядається структура й послідовність створення цифрових скульптур та аналізується, як цифровізація змінює стилістичні і композиційні елементи твору, а також обговорюється, як ці новації змінюють традиційні підходи до створення пластичних композицій, можливості технологій доповненої реальності 3D і перспективи, що відкриваються перед митцями.

Виклад основного матеріалу. З кожним роком цифрові технології вдосконалюються, розвиваються та стають темою наукових дискусій. Художники та митці не стоять осторонь, постійно експериментують з новими формами, стилями, матеріалами, просторами та способами демонстрації своїх задумів. Художники й дизайнери швидко вивчають та адаптують цифрові матеріали для розширення технічних можливостей їхнього використання у власній творчості. Еволюція синтетичних матеріалів (пластмаси, композитні піни, поліефірні смоли) значно розширила межі творчого вираження скульпторів. Комп'ютерні засоби й інструменти медіа містять різноманітні матеріали та процеси, які можуть поєднуватися з індивідуальними творчими задумками, експериментами та іншими нововведеннями. Здатність художників опановувати нові матеріали для своїх власних цілей дає змогу їм розвиватися, що особливо помітно, якщо аналізувати розвиток скульптури. Сучасний митець має низку цифрових інструментів, які відкривають нові горизонти для творчого вираження.

Цифрова скульптура — це форма сучасного мистецтва, яка уможливорює створення тривимірних об'єктів за допомогою комп'ютерних програм та цифрових інструментів. Такий процес дає змогу художникам проєктувати, маніпулювати та робити віртуальні моделі, імітуючи традиційні техніки ліплення в цифровому середовищі [12]. Цифрова скульптура пропонує більшу гнучкість, дозволяючи модифікувати, масштабувати та експериментувати з формами та текстурами без фізичних обмежень. Тобто, працювати з тривимірними об'єктами стало набагато простіше і зручніше. Це відкриває нові можливості, даючи змогу досягати рівня художньої виразності, який неможливо досягти традиційними методами.

Наприклад, професор-дослідник та цифровий скульптор з Великобританії К. Браун (K. Brown) досліджує численні можливості

створення нових форм, доступних завдяки комп'ютерним технологіям, які неможливо виготовити звичними способами. Це створює нове бачення та призводить до зміни парадигми в системі образотворчого мистецтва. Скульптурні експерименти та експресія в його творчості були спрямовані на просторове вираження, а не на властивості матеріалу [13]. Цифрові скульптури можуть залишатися віртуальними або матеріалізуватися за допомогою таких технологій, як 3D-друк або фрезерування з ЧПУ, долаючи розрив між творчістю та технологіями. Тобто, 3D-технології та AR є для митця додатковими засобами, які використовуються та сприяють удосконаленню процесу творчої діяльності.

Все більше сучасних європейських цифрових художників, таких як С. Лі, Лап-Сі Лам, Д. Харкер та Й. Флореа, використовують засоби 3D-сканування та 3D-принтингу для реалізації своїх задумів. Безумовно, це було б неможливо без появи комп'ютерів, програмування, цифрових обчислень, технологій 3D-моделювання, 3D-принтингу, 3D-сканування, VR-технологій та доповненої реальності. Застосування таких нововведень у мистецтві дозволяє значно заощаджувати матеріали й час, розширювати можливості, спрощувати процес роботи та підвищувати її якість.

Доповнена реальність (англ. Augmented reality) є «...поєднанням звичайної реальності, яку сприймає людина, здебільшого своїм зором, з віртуальним шаром, що накладається на цю реальність за допомогою певного пристрою та дає змогу доповнити її додатковою інформацією» [14, с. 5]. Великі компанії, такі як Гугл (Google), Фейсбук (Facebook), Сони (Sony) інвестують у нові технології та розробляють відповідне програмне забезпечення й архівну базу даних.

За визначенням К. Шиман «...доповнена реальність, яка згадується у літературі, зазвичай, у поєднанні з терміном «віртуальна реальність» — це технологія або середовище, де додаткова інформація, генерована комп'ютером “вставляється” в поле зору користувача, його погляд на реальний світ» [15, с. 98].

Віртуальна реальність (VR) створює повністю синтетичне середовище, яке занурює користувача в нову цифрову реальність через спеціальні пристрої, такі як VR-окуляри чи шоломи.

Віртуальний простір відкриває перед митцями нові горизонти для творчості, що може

вивести їхні твори мистецтва на новий рівень. Сьогодні з'явилась можливість інтегрувати твори мистецтва у власне середовище глядачів, що також вплинуло на перспективи сучасних художників демонструвати цифрові твори на виставках та аналізувати результати виставкової діяльності із залученням імерсивних технологій. Віртуальні галереї та онлайн платформи, такі як Mozilla Hubs, VRChat, AltspaceVR, WebXR, дають змогу розміщувати скульптури в цифровому просторі, де глядачі можуть відвідувати експозицію з будь-якої точки світу. Зважаючи на те, що більшість людей орієнтовані на візуальне сприйняття, це сприяє приверненню уваги, підвищенню ефективності відвідування виставок та забезпечує глядачам можливість глибшого занурення в експозицію. Скульптори тепер можуть створювати об'єкти не лише у фізичному, але й у віртуальному середовищі, інтегруючи їх з реальністю. Це дає змогу експериментувати з формою, масштабом, текстурою та фізичними властивостями, такими як вага чи гравітація, які в реальному світі мають певні обмеження. Сучасні 3D-редактори та спеціалізовані гаджети дають митцям можливість створювати складні віртуальні об'єкти, поєднуючи моделювання у 3D-просторі, текстурування, анімацію та інтеграцію з реальним світом. Це дозволяє не лише втілювати ідеї у тривимірні форми, але й додавати елементи динаміки та інтерактивності, що значно розширює можливості художнього вираження, а також дає змогу врахувати всі особливості скульптури ще під час творчих розробок.

Цифрову роботу дуже легко змінювати. 3D-скульптура може бути будь-якого розміру, з різноманітними композиційними елементами, розташованими у віртуальному просторі, не прив'язуючись до ґрунту чи інших частин твору. Граничні розміри віртуального середовища обмежуються лише можливостями комп'ютерного обладнання та програмного забезпечення для його розрахунку. Незалежне управління окремими формами, навіть якщо вони використовуються всередині елемента, сприяє свободі зміни форми композиції у будь-який момент побудови віртуального твору. Віртуальні частини можна модифікувати і трансформувати за масштабом та пропорціями в інтерактивному сенсі на будь-якому етапі створення. А можливість скасувати модифікацію однією командою на клавіатурі та відновити скульптуру до її початкового стану – є додатковою перевагою [16]. Таким

чином, свобода управління окремими елементами композиції значно розширює потенціал художника у процесі творчого пошуку, даючи змогу зберігати динаміку експерименту навіть на фінальних етапах роботи, що створює унікальне середовище для вдосконалення загальної концепції твору. Зокрема, варіювання рівня точності у відтворенні окремих елементів стає ефективним художнім прийомом, спрямованим на акцентуацію уваги глядача на ключових ділянках композиції, що сприяє більш ефективній побудові композиційної динаміки. Безперечно, скульптор має володіти знаннями у галузі пластичної анатомії, законами композиції, а також здатністю відчувати об'єм і форму. Важливими є навички традиційного ліплення, академічного рисунка та основ кольорознавства, які формують фундамент професійної майстерності. Проте сучасна практика створення скульптур у цифровому середовищі демонструє, що багато митців, які спеціалізуються на 3D-графіці, можуть успішно працювати без традиційних навичок ліплення, характерних для роботи з глиною чи іншими фізичними матеріалами, зосереджуючись на віртуальних інструментах та методах моделювання. Однак розуміння концептуальних підходів, вміння працювати з формою, масштабом та текстурою на рівні ідейного задуму виступають базою, яка дає художникові змогу ефективно інтегруватися в сучасні цифрові процеси.

Зокрема, існує чимало комп'ютерних програм для різних завдань, серед яких особливу увагу привертають популярні інструменти для створення 3D-скульптур: ZBrush, Blender та Autodesk Maya. Кожна з цих програм має свої переваги та обмеження.

ZBrush відома своїм інструментарієм для цифрового ліплення і дозволяє створювати складні моделі з високою деталізацією. Blender, як безкоштовне і відкрите програмне забезпечення, пропонує широкий спектр функцій. Але його можливості більше орієнтовані на 3D-моделювання, аніж на скульптинг. Autodesk Maya забезпечує потужні інструменти для професійного моделювання та ретопології, проте вимагає високого рівня технічної підготовки.

Кожна 3D-скульптура може бути перенесена на гаджет і продемонстрована в іншому просторі – як офлайн, так і онлайн. AR не створює нової реальності, але перетворює існуючу на більш яскраву та інформативну. Так, «...в січні 2021 року Acute Art і Dazed

Media (Гостре мистецтво та Приголомшливе медіа) об'єднали свої зусилля, щоб представити Unreal City (Нереальне місто) – найбільший у Лондоні публічний фестиваль AR-мистецтва, на якому були представлені 36 скульптур, організований у вигляді пішохідної екскурсії вздовж річки Темзи» [17].

Однак цифрове мистецтво ставить перед митцем нові виклики, зокрема технічні обмеження та необхідність адаптації до нових інструментів і платформ. Серед труднощів використання 3D-технологій можна виділити самостійне, довготривале навчання, високу вартість технічного та програмного забезпечення, а також невелику кількість інституцій, пов'язаних саме з впровадженням цих технологій в мистецтво скульптури. Реалізація скульптурних проєктів з використанням AR вимагає належного матеріально-технічного забезпечення та знання комп'ютерних програм. Складність полягає в тому, що виготовлення таких скульптур часто передбачає створення окремого додатку, з використанням різних комп'ютерних програм та сучасного обладнання. Безумовно, існує можливість впровадити AR-скульптуру в уже існуючі додатки або вебсторінки, як це зробила компанія Facebook, надавши своїм користувачам таку можливість через AR-ефекти. Такі платформи, як Instagram, Facebook і Twitter, дозволяють митцям продемонструвати свої твори світовій аудиторії, оминаючи традиційні галереї та кураторів.

Слід зазначити, що створення AR-скульптури на відміну від скульптури для 3D-друку включає в себе велику кількість поетапних розробок. Враховуючи обмеження деяких програм по об'єму та формату, окрім проєктування та скульптингу самої композиції, важливо також адаптувати 3D-модель, щоб вона відповідала вимогам. Важливо зазначити, що створення AR-скульптури, на відміну від скульптури для 3D-друку, включає значну кількість поетапних розробок. Враховуючи обмеження деяких програм по об'єму та формату, окрім проєктування та скульптингу самої композиції, важливо також адаптувати 3D-модель відповідно до вимог відповідної програми.

Кожна 3D-модель має полігональну сітку, котра в процесі ліплення, наприклад, у програмі ZBrush, яка є популярною серед цифрових скульпторів, може перевищувати мільйони полігонів, що, відповідно, робить файли важкими за розміром. «Полігональна сітка являє собою набір вершин, ребер та граней,

які визначають форму багатогранного об'єкта у тривимірній комп'ютерній графіці» [18]. Грані зазвичай складаються з трикутників, чотирикутників, чи інших багатокутників [18]. Різні представлення полігональних сіток використовуються для різних цілей та програм. «Топологія – це те, як саме полігони формують 3D модель. Правильна топологія слугує двом цілям: правильній деформації під час анімації та використанню мінімальної кількості полігонів для опису потрібної форми» [19, с. 74].

Після адаптації сітки проводиться UV-розгортка, на яку згодом записуються текстури, що надають скульптурі реалістичного вигляду та матеріальності. UV-розгортка (UV map) у 3D-графіці є ключовим етапом у створенні AR-скульптур, оскільки визначає «...відповідність між координатами на поверхні тривимірного об'єкта (X, Y, Z) і координатами на текстурі (U, V)» [19, с. 75]. Такий процес може здійснюватися «...як вручну, так і автоматично», залежно від програмного забезпечення [19, с. 75]. Автоматична UV-розгортка, яку пропонують програми RizomUV або Blender, дає змогу оптимізувати робочий процес та суттєво скоротити час, але може призводити до недосконалостей у складних ділянках моделі, що потребують ручної корекції. Виконана вручну UV-розгортка забезпечує вищу точність і контроль, що є критично важливим для складних об'єктів або деталей із високою текстурною роздільною здатністю. Однак такий метод є трудомістким і вимагає значного часу та навичок. Текстура карта, яка накладається на полігональну модель, є ще одним важливим компонентом. «Текстура – це растрове зображення, яке накладається на полігональну модель, створену в графічній програмі, з метою надання їй певної фактури, кольору, рельєфу» [18]. Зауважимо, що створення високополігональних моделей, які відображають високу деталізацію без текстур, є надзвичайно ресурсомістким, що обмежує їхнє використання в AR і VR, а накладені текстури на низькополігональну модель надають можливість додавання візуальних деталей без збільшення кількості полігонів, що в результаті заощаджує ресурси і зменшує розмір кінцевого файлу. Одними з найбільш адаптованих програм для створення і «запікання» текстур є Marmoset Toolbag та Substance painter. Отже, для створення якісної цифрової скульптури необхідно враховувати всі етапи розробки. Тож готова 3D-модель складається

з правильної полігональної сітки (топології), UV-розгортки, текстурних карт і зберігається у відповідному форматі. Використання адаптованих моделей із правильною UV-розгорткою та оптимізованою текстурною картою дозволяє ефективно застосовувати їх у доповненій і віртуальній реальностях. Водночас існують технічні ризики, пов'язані з обмеженнями пристроїв, наприклад, низька продуктивність мобільних платформ або вимоги до компресії текстур, що можуть знижувати якість відображення. Найчастіше для впровадження 3D-моделей у AR середовище використовують такі програми, як Unity, SparkAR, Vuforia Engine. Окрім цього, цифрові художники користуються такими VR-інструментами, як Tilt Brush (від Google) або Medium (від Oculus), для створення тривимірних моделей у віртуальному просторі.

Найбільш уживані напрями технологій доповненої реальності в мистецьких та музейних практиках — це AR-технологія на основі маркерів (зображень), або позначок, за допомогою яких камерою розпізнається місце для прив'язки віртуальної моделі та «безмаркерна» технологія AR, яка «...працює за особливими алгоритмами розпізнавання, де на навколишній ландшафт, знятий камерою, накладається віртуальна сітка. На цій сітці програмні алгоритми знаходять деякі опорні точки, якими визначають точне місце, до якого буде «прив'язана» віртуальна модель» [20]. Крім того, є ще напрям AR-технології як відеомепінг — це «...проекційна техніка, яка використовується для перетворення об'єктів та елементів на поверхню для проектування відео». Суть її полягає у «проектуванні відео та візуальних анімацій шляхом гри за допомогою одного або кількох відеопроєкторів. Метою мепінгу є створення оптичних ілюзій шляхом розміщення візуального контенту на статичних об'ємах» [21]. Тобто, всі деталі реальності можуть бути перетворені та видозмінені за допомогою цієї віртуальної технології та програмного забезпечення, що дає змогу створювати просторові оптичні ілюзії та проекції у русі.

Перевага таких технологій полягає в тому, що об'єкти реального світу виступають ідентифікаторами самостійно. Окрім вищезгаданих технологій, використовують ще метод доповненої реальності, що базується на розташуванні моделі за геолокацією. «У ній використовуються дані GPS, гіроскопа та компаса, вбудованого в мобільний пристрій» [8].

Таку скульптуру можна побачити у просторі, коли координати, закладені в додатку, збігаються з координатами глядача [8]. Прикладом такої роботи є AR-скульптура «LOVE» українського митця Р. Мініна біля будівлі Держпрому, яка стала одним із жанрів сучасного монументального мистецтва під назвою «Transmonumentalism» [22].

Однією з головних переваг у використанні цифрових скульптур у доповненій реальності є можливість інтерактивної взаємодії з глядачем. Така скульптура може реагувати на рухи або дії людини, що сприяє глибшому залученню відвідувачів у світ мистецьких відкриттів.

Це розкриває нові перспективи для розвитку інтерактивних інсталяцій та артпроектів, де глядач стає активним учасником художнього процесу. Виставкові простори переважно мають звичний характер, тому для привернення уваги відвідувачів та поціновувачів, використовують інтерактивне мистецтво, музику, світлове обладнання, простір і розташування в ньому експонатів. Доповнена реальність робить такі простори цікавішими завдяки ефекту несподіванки. Наприклад, маючи пристрій на кшталт телефона або планшета, можна взаємодіяти на рівні вільного огляду публічного твору мистецтва, побачити високодеталізовану скульптуру з різних ракурсів, наблизити, щоб розгледіти її деталі, або вивчити об'єм.

Окрім цього, AR-скульптури привертають увагу своєю динамічністю, кольоровими акцентами та яскравістю зображень. Все більше кураторів і митців розробляють креативні способи використання AR-технологій для музеїв, щоб ефективно передавати інформацію та забезпечувати відвідувачам унікальний досвід [23]. У музейному середовищі такі ефекти можна використовувати під час демонстрації експонатів в об'ємі, живописі та з анімуванням сюжетних сцен. Артоб'єкти з доповненою та віртуальною реальністю мають потужний потенціал та сприяють популяризації міста, творчості молодих художників та сучасного мистецтва. Мистецький твір привертає увагу глядачів, коли виходить поза межі фізичної реальності, а AR-скульптури підвищують пізнаваність міст, збільшують їхню туристичну привабливість.

Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження. Технології доповненої (AR) реальності та 3D-моделювання у мистецтві відкривають нові можливості для скульпторів, даючи їм змогу виходити поза межі традиційних форм і засобів вираження.

Поєднання нових цифрових технологій з мистецькими практиками стало тенденцією творчості сучасних молодих художників. Віртуальні скульптури стали новим засобом творчого вираження, що дало змогу митцям експериментувати з формою, об'ємом, масштабом та інтерактивністю. Однак такий напрямок вимагає знань та навичок, а також адаптації до нових технологій і платформ. Застосування художниками інноваційних інструментів вимагає освоєння технічних аспектів комп'ютерних програм. Загалом, цифрова революція справила глибокий вплив на сучасне мистецтво, змінивши творчий взаємозв'язок художника з аудиторією. Таким чином, застосування технологій доповненої та віртуальної реальності спонукають сучасних митців до пошуку нових засобів творчого вираження та адаптації традиційних підходів у створенні скульптури до роботи у новітніх видах мистецтва.

Цифрові технології вдосконалюються та продовжують розвиватися, і сьогодні їхній

вплив на сучасне мистецтво стає все помітнішим. Подальший розвиток доповненої реальності в мистецтві може призвести до появи нових форм творчості та способів взаємодії з аудиторією. Використання AR-технологій у скульптурі має великі перспективи для створення інтерактивних експозицій, які можуть бути впроваджені у виставкових просторах, музеях та публічних місцях, сприяючи популяризації сучасного мистецтва та залученню нових аудиторій. Технології 3D, AR та VR можуть змінити досвід і взаємодію з мистецтвом. Руйнуючи бар'єри між фізичним та цифровим простором, віртуальна та доповнена реальності створюють пізнавальне дослідження різних об'єктів, даючи змогу глядачам долучитися до мистецтва способами, які раніше неможливо було уявити. Цифрове мистецтво є сучасною формою художнього прояву, тому необхідно продовжувати дослідження цієї галузі.

Список використаних джерел

1. Волинець В. О. Інтеграція віртуальної та доповненої реальності у мистецтво. *Культура і сучасність : альманах*. Київ. 2021. №1. С. 9–16. URL: <https://elib.nakkkim.edu.ua/handle/123456789/3530?locale-attribute=en> (дата звернення: 11.08.2024)
2. Попінова О. М., Крюкова Г. О. Інтеграція технологій і образотворчого мистецтва: від комп'ютера до цифрових медіа. *Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв : наук. журнал*. Київ. 2024. № 1. С. 260–265. URL: <https://journals.urau.ua/visnyknakkkim/article/view/302078>. (дата звернення: 16.08.2024)
3. Nairn A., Matthews J. Exploring the integration of art and technology. *Journal of Pervasive Media*. 2023. № 8(1). S. 3–10. URL: https://www.researchgate.net/publication/373250636_Exploring_the_integration_of_art_and_technology (дата звернення: 16.08.2024).
4. Reilly, Warren Andrew. An analysis of traditional and digital methods for producing three dimensional artworks. *University of Newcastle Research Higher Degree Thesis. Submitted for Doctorate of Philosophy – Design October 2009*. URL: <https://ogma.newcastle.edu.au/vital/access/manager/Repository/uon:10686> (дата звернення: 17.08.2024).
5. Білика А. Особливості сучасної скульптури. *Збірник наукових праць «Українська академія мистецтва»*. 2023. Вип. 33. С. 100–105. Київ. 2023. DOI <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2023-33-12> (дата звернення: 18.08.2024).
6. Миронова Т. В. Віртуальна і доповнена реальності в творчості українських митців. *Art and Design*. Київ. 2021. № 2 (14). С. 141–151. DOI: <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2021.2.13> (дата звернення: 10.08.2024).
7. Чемерис Г. Ю. Тривимірне моделювання та гейм дизайн у професійній підготовці майбутнього дизайнера. *Матеріали конференції «Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації»*. Одеса. 2022. С. 63–65. URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/items/ff7cse61-bcfd-4fc7-b3a3-45d7d1b45850> (дата звернення: 16.08.2024)
8. Астахов В. І., Болтач С. В. Порівняльний аналіз використання доповненої та віртуальної реальності в сфері розробки ігор. *II Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації»*. Одеса. 2022. С. 101–104. URL: <https://card-file.ontu.edu.ua/items/96e14597-936d-4342-96be-535436c45ac1> (дата звернення: 16.08.2024).
9. The digital art of Adam Martinakis. *The Re:art*. 2020. URL: <https://thereart.ro/adam-martinakis-works/> (дата звернення: 19.08.2024).
10. Футуристичні 3D-скульптури від Чада Найта. *nevsepic.com.ua*. Дата публікації: 08.05.2018 URL: <https://nevsepic.com.ua/skulptury/29274-futuristicheskie-3d-skulptury-ot-chada-nayta-26foto.html> (дата звернення: 19.08.2024)

11. Andrew Hutchinson. Snapchat Facilitates New AR Art Experience With the Lincoln Center. *SocialMediaToday*. Дата публікації: 21.07.2024. URL: <https://www.socialmediatoday.com/news/snapchat-facilitates-ar-art-experience-lincoln-center/721933/> (дата звернення: 11.08.2024)
12. Digital Sculpture – Definition, Examples, History & More – Digital Art and Technology Glossary. *Visual Arts*. Дата публікації: 25.03.2024. URL: <https://jerwoodvisualarts.org/digital-art-and-technology-glossary/digital-sculpture/> (дата звернення: 19.08.2024).
13. Keith Brown Art. Professor Keith Brown. CV. URL: <https://keithbrown.art/cv/> (дата звернення: 19.08.2024).
14. Фоміна К. О. Дизайн систем доповненої реальності – типологія інтерфейсів і принципи проектування : дис... доктор філософії (Ph.D) 022 / *Харківська державна академія дизайну і мистецтв*. Харків, 2023. 450 с. URL : <https://ksada.org/pdf1/Fomina-dysertaciia.pdf>.
15. Шиман К. А. Терміносистема дослідження новітніх прийомів утворення художньої форми у віртуальній реальності. *Том 38: українська культура: минуле, сучасне, шляхи розвитку (напрям: мистецтвознавство)*. Дата публікації: 23.09.2021. URL: <https://zbirnyky.rshu.edu.ua/index.php/ucpmk/article/view/474/492> (дата звернення: 19.08.2024)
16. Linlin Shi. Application Research of 3D Digital Technology in Sculpture Creation. *Jingdezhen Ceramic Institute*. Дата публікації: 09.02.2021. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/12/e3sconf_icersd2020_05101/e3sconf_icersd2020_05101.html (дата звернення: 17.08.2024).
17. Eleonora Stacchiotti. Unreal city festival by Dazed media and Acute art. *Digicult*. 17.04.2021. URL: <https://digicult.it/vr-ar-case-studies/unreal-city-festival-by-dazed-media-and-acute-art/> (дата звернення: 17.08.2024).
18. Полігональна сітка – що це таке і навіщо потрібна у комп'ютерній графіці. *Termin.in.ua*. 2024. URL: <https://termin.in.ua/polihonal-na-sitka/> (дата звернення: 23.08.2024).
19. Сидельов О. Селівьорстова Т. Алгоритм створення тривимірних ігрових моделей високої складності. *Геометричне моделювання та інформаційні технології №2 (6)*. Дніпро. 2018. URL: <http://mdu.edu.ua/wp-content/uploads/gmit6-72.pdf>
20. Левкович Є. О., Безменов М. І. Аналіз середовищ для створення мобільних додатків з AR технологією. *XV Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів*. Харків. 2021 р. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/6fc3e7dd-7855-4fae-9b5b-b71b8857d55c>
21. Відеомепінг: що це таке і найпростіший спосіб зробити це! *HeavyM*. URL: <https://www.heavym.net/ru/video-mapping-what-it-is-and-the-simplest-way-to-do-it/> (дата звернення: 22.08.2024).
22. Кучук М. Художник Роман Мінін встановив у Харкові скульптуру в доповненій реальності. *Village*. Дата публікації: 23.08.2018. URL: <https://www.village.com.ua/village/culture/culture-news/275591-hudozhnik-roman-minin-vstanoviv-u-harkovi-skulpturu-v-dopovneniy-realnosti>. (дата звернення: 22.08.2024).
23. Augmented Reality for Museums and Attractions: 10 Venues Leading the Way. *Tiqets for Venues Blog Team*. Дата публікації: 25.09.2023. URL: <https://www.tiqets.com/venues/blog/augmented-reality-for-museums-and-attractions/> (дата звернення: 22.08.2024).

References

1. Volynets, V. O. (2021). Intehratsiia virtualnoi ta dopovnenoї realnosti u mystetstvo [Integration of virtual and augmented reality in art]. *Kultura i suchasnist : almanakh* [Culture and modernity: an almanac], 1. 9–16. Retrieved from <https://elib.nakkkim.edu.ua/handle/123456789/3530?locale-attribute=en> [in Ukrainian].
2. Popinova, O. M., & Kriukova, H. O. (2024). Intehratsiia tekhnolohii i obrazotvorchoho mystetstva: vid kompiutera do tsyfrovyykh media [Integrating Technology and the Visual Arts: From the Computer to Digital Media]. *Visnyk Natsionalnoi akademii kerivnykh kadriv kultury i mystetstv : nauk. Zhurnal – Bulletin of the National Academy of Managers of Culture and Arts: Science. Magazine*, 1. 260–265. Retrieved from <https://journals.uran.ua/visnyknakkkim/article/view/302078> [in Ukrainian].
3. Nairn, A., & Matthews, J. (2023). Exploring the integration of art and technology. *Journal of Pervasive Media*, 8(1), 3–10. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/373250636_Exploring_the_integration_of_art_and_technology [in English].
4. Reilly, Warren Andrew. (2009). An analysis of traditional and digital methods for producing three dimensional artworks. *University of Newcastle Research Higher Degree Thesis. Submitted for Doctorate of Philosophy – Design October 2009*. <https://ogma.newcastle.edu.au/vital/access/manager/Repository/uon:10686> [in English].
5. Bilyk, A. (2023). Osoblyvosti suchasnoi skulptury [Characteristics of modern sculpture]. *Zbirnyk naukovykh prats «Ukrainska akademiiia mystetstva»* [National Academy of Fine Arts

- and Architecture Collection of Scholarly Works «Ukrainian Academy of Art», 33, 100–105. <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2023-33-12> [in Ukrainian].
6. Myronova, T. V. (2021). Virtualna i dopovnena realnosti v tvorchoosti ukrainskykh myststsv [Virtual and augmented reality in the works of Ukrainian artists]. *Art and Design*, 2 (14), 141–151. <https://doi.org/10.30857/2617-0272.2021.2.13> [in Ukrainian].
 7. Chemerys, H. Yu. (2022). Tryvymirne modeliuvannia ta heim dyzain u profesiinii pidhotovtsi maibutnoho dyzainera [Three-dimensional modeling and game design in the professional training of a future designer]. *Materialy konferentsii «Kompiuterni ihry ta multymedia yak innovatsiyni pidkhhid do komunikatsii»* [Materials of the conference "Computer games and multimedia as an innovative approach to communication] (s. 63–65). Retrieved from <https://card-file.ontu.edu.ua/items/ff7cce61-bcfd-4fc7-b3a3-45d7d1b45850> [in Ukrainian].
 8. Astakhov, V. I., & Boltach, S. V. (2022). Porivnialnyi analiz vykorystannia dopovnenoї ta virtualnoi realnosti v sferi rozrobky ihor [Comparative analysis of the use of augmented and virtual reality in the field of game development]. *II Vseukrainska naukovo-tekhnichna konferentsiia molodykh vchenykh, aspirantiv ta studentiv «Kompiuterni ihry ta multymedia yak innovatsiyni pidkhhid do komunikatsii»* [II All-Ukrainian scientific and technical conference of young scientists, graduate students and students «Computer games and multimedia as an innovative approach to communication»] (s. 101–104). Retrieved from <https://card-file.ontu.edu.ua/items/96e14597-936d-4342-96be-535436c45ac1> [in Ukrainian].
 9. The digital art of Adam Martinakis. *The Re:art*. 2020. <https://thereart.ro/adam-martinakis-works/> [in English].
 10. Futurystychni 3D-skulptury vid Chada Naita [Futuristic 3D sculptures by Chad Knight]. (08.05.2018). *Nevsepic.com.ua*. Retrieved from <https://nevsepic.com.ua/skulptury/29274-futuristicheskie-3d-skulptury-ot-chada-nayta-26foto.html> [in Ukrainian].
 11. Andrew Hutchinson. (2024). Snapchat Facilitates New AR Art Experience With the Lincoln Center. *SocialMediaToday*. Retrieved from <https://www.socialmediatoday.com/news/snapchat-facilitates-ar-art-experience--lincoln-center/721933/> [in English].
 12. Digital Sculpture – Definition, Examples, History & More – Digital Art and Technology Glossary. (25.03.2024). Visual Arts. Retrieved from <https://jerwoodvisualarts.org/digital-art-and-technology-glossary/digital-sculpture/> [in English].
 13. Keith Brown Art. Professor Keith Brown. *CV*. Retrieved from: <https://keithbrown.art/cv/> [in English].
 14. Fomina, K. O. (2023) Dyzaın system dopovnenoї realnosti – typolohiia interfeisiv i pryntsyipy proektuvannia : dys... doktor filosofii (Ph.D) 022 [Augmented reality system design – typology of interfaces and design principles: Doctor of Philosophy (Ph.D) dissertation]. *Kharkivska derzhavna akademiia dyzainu i mystetstv – Kharkiv State Academy of Design and Arts*. Kharkiv. S. 450 Retrieved from: <https://ksada.org/pdf1/Fomina-dysertaciia.pdf> [in Ukrainian].
 15. Shyman, K. A. (2021). Terminosystema doslidzhennia novitnykh pryiomiv utvorennia khudozhnoi formy u virtualnii realnosti [The terminological system of the study of the latest methods of formation of an artistic form in virtual reality]. *Tom 38: ukrainska kultura: mynule, suchasne, shliakhy rozvytku (napriam: mystetstvovnavstvo) – Tom 38: Ukrainian culture: past, present, ways of development (direction: art history)*. <https://zbirnyky.rshu.edu.ua/index.php/ucpmk/article/view/474/492> [in Ukrainian].
 16. Linlin Shi. (2021). Application Research of 3D Digital Technology in Sculpture Creation. *Jingdezhen Ceramic Institute*. Retrieved from https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/12/e3sconf_icersd2020_05101/e3sconf_icersd2020_05101.html [in English].
 17. Eleonora Stacchiotti. (2021). Unreal city festival by Dazed media and Acute art. *Digicult*. Retrieved from: <https://digicult.it/vr-ar-case-studies/unreal-city-festival-by-dazed-media-and-acute-art/> [in English].
 18. Polihonalna sitka – shcho tse take i navishcho potribna u kompiuternii hrafitsi. (2024). *Termin.in.ua*. Retrieved from: <https://termin.in.ua/polihonal-na-sitka/> [in Ukrainian].
 19. Sydelov, O. & Selivorstova, T. (2018). Alhorytm stvorennia tryvymirnykh ihrovykh modelei vysokoi skladnosti [Algorithm for creating three-dimensional game models of high complexity]. *Heometrychni modeliuvannia ta informatsiini tekhnolohii – Geometric modeling and information technologies*, 2(6). Retrieved from <http://mdu.edu.ua/wp-content/uploads/gmit6-72.pdf> [in Ukrainian].
 20. Levkovich, Ye. O., & Bezmenov, M. I. (2021). Analiz seredovyshch dlia stvorennia mobilnykh dodatkov z AR tekhnolohiieiu [Analysis of environments for creating mobile applications with AR technology]. *XV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia mahistrantiv ta aspirantiv – XV International Scientific and Practical Conference of Master's and PhD Students*. Retrieved from: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/6fc3e7dd-7855-4fae-9b5b-b71b8857d55c> [in Ukrainian].

21. Videomeppinh: shcho tse take i naiprostishyi sposib zrobyty tse! [Video mapping: what it is and the easiest way to do it!] *HeavyM*. Retrieved from: <https://www.heavym.net/ru/video-mapping-what-it-is-and-the-simplest-way-to-do-it/> [in Ukrainian].
22. Kuchuk, M. (2018). Khudozhnyk Roman Minin vstanovyv u Kharkovi skulpturu v dopovnenii realnosti [Artist Roman Minin installed a sculpture in augmented reality in Kharkiv]. *Village*. Retrieved from <https://www.village.com.ua/village/culture/culture-news/275591-hudozhnik-roman-minin-vstanoviv-u-harkovi-skulpturu-v-dopovneniy-realnosti> [in Ukrainian].
23. Augmented Reality for Museums and Attractions: 10 Venues Leading the Way. (2023). *Tickets for Venues Blog Team*. Retrieved from <https://www.tickets.com/venues/blog/augmented-reality-for-museums-and-attractions/> [in English].

Подано до редакції 25.09.2024