

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ ТВОРЕННЯ НОВОЇ ЕКРАННОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Тимофіїва Я. Ю.,

Київського національного університету технологій та дизайну, Україна, Київ

Довженко І. Б.,

PhD в культурології, професор, Доцент Київського національного університету технологій та дизайну, Україна, Київ

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30042020/7029

ARTICLE INFO

Received: 19 February 2020

Accepted: 14 April 2020

Published: 30 April 2020

KEYWORDS

cinematography,
digital cinema,
computer graphics,
visual effects,
postproduction.

ABSTRACT

The article devoted to analyzing cinematic entertainment and connections between traditional techniques and computer graphics technologies. Have been analyzed the historical development and the popularity of computer graphics and digital effects. Have been identified difference between special and visuals effects, revealed the most popular techniques at the filmmaking, such as scale modelling, animatronics, stop-motion, slow-motion, time lapse, and the main of tracking methods – motion capture, match-moving, deepfake, also chroma- and lumakey. Have been revealed of their essence. All methods and techniques are compared by the number of highly qualified specialists involved, the budget spent, the time of creation and the audience's attention. Determined the most popular and effective visual method for viewers. Have been identified the perspectives of computer graphics and digital visual effects. Identified the relevance of combining computer graphics with footage.

Citation: Тимофіїва Я. Ю., Довженко І. Б. (2020) Tsyfrovі Tekhnolohii yak Zasib Tvorennia Novoi Ekrannoi Realnosti. *World Science*. 4(56), Vol.2. doi: 10.31435/rsglobal_ws/30042020/7029

Copyright: © 2020 Тимофіїва Я. Ю., Довженко І. Б. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. Споконвічна потреба людини в образному осмисленні дійсності сприяла появі нового виду мистецтва під назвою кінематограф. Кіно синтетичне за своєю природою, воно поєднує елементи літератури, театру, живопису, музики, хореографії. Саме тому, кінематограф оперує багатьма виражальними можливостями, запозиченими з інших видів мистецтв, але водночас володіє і власними специфічними засобами та прийомами: змінним масштабом зображення – загальний, середній, крупний плани, монтажем, що об'єднує окремі кадри у логічній послідовності, дає можливість передати емоційне та психологічне напруження сцени, епізоду, фільму, спецефектами. З появою комп'ютерних технологій традиційний метод досягнення видовищності почав доповнюватись цифровими ефектами, а подекуди навіть повністю їх замінювати.

Доктор Р. Венкатавісамі, викладач дисципліни “Комунікації та ЗМІ”, який є автором книги *The Digitization of Cinematic Visual Effects: Hollywood's Coming of Age* (2014 p.), зазначає, що застосування візуальних ефектів у голлівудській кіноіндустрії не тільки мотивувало розширення практики кінозйомки, але й вплинуло на еволюцію отримання задоволення від перегляду. Він відзначає, що “Вступ голлівудського кіно до цифрової ери переплітається з посиленням конгломератних практик у кінобізнесі, сферою технічних наукових досліджень і розробок у кіномистецтві та об'єднанням корпоративних ЗМІ, інформаційних технологій та розваг” [1]. З таким твердженням погоджуються й інші автори, які досліджують аналогічне питання. Так, наприклад, автори Бобкова К.Д. і Плотникова С.В., які досліджують значення і роль комп'ютерних технологій в ігровому кіно приходять до висновку, що “з появою комп'ютерних можливостей відбулося багато змін, як в мистецтві, так і в людському світі. Нова

технологія зайняла місце багатьох попередніх технологій. І це тільки ранок комп'ютерної епохи. Звичайно, сумно, коли йде щось звичне, а нове незнайоме здається страшним, але якщо дивитися з іншої сторони, то картину можна побачити під іншим кутом. Нові технології в мистецтві витісняють традиційні не тому, що відкидають їх суть, їх філософський і духовний сенс, а тому, що відкривають майстрам різних сфер мистецтва нові і дуже широкі можливості” [2].

Схоже ствердження викладає й авторка Н. М. Салах у своєму дослідженні *Visual effects cinematography: The cinematographer's filmic technique from traditional to digital era* (2012 р.). Вона намагається відповісти на питання: “... чи має оператор таку саму роль, як раніше? Чи є необхідність у застосуванні нових методик для освоєння роботи оператора в цифрову епоху?”. У пошуках відповіді науковець вдається до дослідження відмінностей між звичайними та цифровими візуальними ефектами з технічної точки зору. Вона проводить аналіз між традиційними методами досягнення видовищності, яка досягалась за допомогою театральних трюків і доступних на той час технологій у протиставу цифровим можливостям, що були відкриті пізніше. “Якщо ми подивимось на звичайні візуальні ефекти, до впровадження цифрових технологій, ми побачимо, що всі ефекти були зроблені кінематографістами за допомогою місця розташування камери, або за допомогою лабораторних процесів, або комбінування цих двох методів. <...> Візуальний ефект обмежувався тим, що можна було зробити в камері, що включало досить прості ефекти, такі як кадри-заміни, зупинка камери у поєднанні зі зміною сцени, перш ніж запускати камеру знову, або просте розділення кадру під час зйомки, коли на вже відзняту половину плівки, накладали нову, наприклад, намальовану частину методом насунання, розміщуючи малюнок перед камерою на підставках або навіть прикріплюючи безпосередньо до об'єктиву. Тоді камери були статичні і це давало можливість відтворювати такі ефекти. Будь-який досвідчений оператор міг створити безліч подібних трюків під час процесу зйомки вручну. Вони також могли створювати розчини, завдяки яким одне зображення склеюється з іншим” [3]. Дослідниця приходить до висновку, що робота над візуальними ефектами стала складнішою, те, за що раніше відповідала одна людина, тепер виконують цілі департаменти. “Невелика кількість членів групи на витоках народження кіно розширилась до різних департаментів, одним з яких став департамент спеціальних ефектів, який не займається нічим крім сцен, які мають візуальні ефекти. Часто відповідальний за спеціальні ефекти не є відповідальним за видовищність всього фільму. <...> Робота відділу над цифровими візуальними ефектами потребує високих технічних та художніх навиків. <...> Все стало можливим, велика кількість неймовірно розумних художників візуальних ефектів, науковців та інженерів перетрансформували можливості так, що нічого не існує поза їх можливостями. Ми бачили, як світ плівкового кіно затінюється постійним використанням цифрових камер, які були доповнені новими можливостями створення цілісного зображення” [3].

Не дивлячись на відкриття колосальних можливостей цифрових технологій є і зворотна сторона таких досягнень. Так автор статті “Комп'ютерна графіка у кінематографі: проблеми естетичного осмислення історичного розвитку комп'ютерних спецефектів” О. Шаповал звертає увагу на те, що “комп'ютерна графіка стає елементом нової реальності, яка істотно впливає на психологію художнього сприйняття” і традиційні методи досягнення видовищності все частіше саме замінюються цифровими [4].

Отже, спираючись на профільну літературу та наукові статті вітчизняних та іноземних молодих дослідників, приходимо до висновку, що комп'ютерна графіка глибоко проникла у надра сучасного кінематографа і стала його невід'ємною частиною. Тому, для збільшення ефективності використання моушн-дизайнерами прийомів для створення видовищності, прослідкуємо якими методами досягається видовищність у сучасному кінематографі, чи можлива взаємодія між традиційними методами та комп'ютерно-згенерованими моделями і створення в єдиній творчій цілісності та які з методів найбільше впливають на глядача.

Враховуючи те, що сфера зовсім молода, поглиблений аналіз історичного розвитку спеціальних ефектів з моменту започаткування кінематографа та до моменту виникнення графічних процесорів, допоможе краще зрозуміти передумови масового використання спецефектів та структурувати хитрощі, до яких вдаються режисери у сучасному кіновиробництві.

Результати дослідження. Витоки будь-якого цифрового ефекту можна знайти у традиційному кінематографі. Перший в історії спеціальний ефект або ілюзія, як вони були тоді відомі, був відтворений у 1895 році Альфредом Кларком у стрічці “Страта Марії Шотландської” (*The Execution of Mary Stuart*). Тоді вперше був застосований стоп-кадр і

монтаж при кінозйомці. У необхідний за сюжетом момент камеру зупиняли, замінювали декорації на потрібні і запускали знову. Тривалість фільму була лише 11 секунд, але справляла неймовірно сильне враження на глядачів, деякі під впливом побаченого щиро вважали, що заради зйомки було по-справжньому вбито людину.

Згодом, спираючись на попередні знахідки, французький ілюзіоніст та сучасник творців кінематографа братів Луї та Огюста Люм'єр, Жорж Мельєс відкриває найважливіший засіб кінематографічної образності – послідовний монтаж. Використовуючи театральні декорації та такі екранні ефекти, як подвійна експозиція, напливи та стоп-кадри він створює приголомшливий для тих часів твір “Подорож на Місяць” (Le Voyage dans la Lune, 1902) [5].

Спецефекти розвивались та все більше захоплювали людей. Більш досконалими ставали методи зйомки, лабораторні процеси та театральні декорації. Для фільму “Метрополіс” (Metropolis), який вийшов у 1926 році, режисер Фріц Ланг та спеціаліст зі спецефектів Ойген Шюфтан побудували величезну кількість мініатюрних моделей та винайшли відомий сьогодні під назвою метод Шюфтана – оптична технологія комбінованої кінозйомки, без редагування зображень у постпроцесі та безлічі експозицій, яка відтворювала примусові перспективні методи, щоб створити ілюзію розміру та відстані.

У 1937 році Уолт Дісней відкрив нову еру – еру повнометражних анімаційних фільмів, завдяки своїй роботі “Білосніжка та семеро гномів” (Snow White and the Seven Dwarfs) [6].

Комп'ютерні ефекти у дуже малому об'ємі та з величезною витратою часу на реалізацію вперше починають застосовувати у 1950-ті роки, їх народження припало на появу комп'ютерної техніки. Наприклад, у фільмі “Війна світів” (The War of the Worlds, 1953, реж. Б. Гаскін) для реалізації ілюзії “випаровування” людей було застосовано поєднання з анімаційними кадрами. Для однієї такої сцени довелося намалювати послідовність із 144 зображень, де поступово зникали тіла на целолюїдній плівці. Із загального бюджету фільму в 2-а мільйони доларів США, близько 1,4 було витрачено на спецефекти [7].

Лише в кінці 1960-х - початку 1970-х років комп'ютерні технології стали більш активно використовувати в процесі кіновиробництва [8].

В результаті удосконалення минулих розробок починає активно використовуватись техніка Bluescreen, аналог сучасного Chroma- та Lumakey. У 1963 році Айваном Сазерлендом було розроблено інтерактивне графічне програмне забезпечення Sketchpad, далі морфінг, Environmental Reflection (відображення навколишнього середовища), Mapping and Bump Mapping (рельєфне текстування), технологія фізично правильних, фотореалістичних відбиттів променів – Ray Tracing (трасування променів) [9]. А на початку 1970-х було винайдено Smooth Shading – технологія, яка дає можливість глибинного сприйняття у тривимірних моделях шляхом зміни рівня затемнення [10]. Цей період став початком перших експериментів і спроб досягнути фотореалістичних ефектів, про які наш сучасник, спеціаліст у графічній індустрії, доповненої реальності та нових цифрових медіа-технологій, Джон Педді в дослідженні Ray Tracing: A Tool for All [9] визначатиме способи, завдяки яким можна зберегти час програміста та створити фотореалістичні зображення з 3D-моделями, що рухаються.

Першим широким використанням анімованої тривимірної комп'ютерної анімації вважається творіння Джорджа Лукаса 1977 року “Зоряні війни Епізод IV: Нова надія” (Star Wars: Episode IV – A New Hope). У цій стрічці нові технології почали працювати у сингулярності зі старими та перевіреними методами досягнення видовищності. Фільм отримав “Оскар” за найкращі досягнення у візуальних ефектах [11]. Комерційний успіх та популярність жанру дали великий поштовх, що поклато початок появі великої кількості фільмів з використанням комп'ютерної графіки.

Видовищна ера кіно розпочалась у кінці 1990-х – початку 2000-х. Вона співпала з активним розповсюдженням персональних комп'ютерів та домашніх кінотеатрів, також активному розповсюдженню та популярності кіно сприяв прийнятий у 1996 році уніфікований формат розповсюдження цифрового відео для споживачів – Digital Versatile Disc, більш знайомий нам, як DVD. “Стандартизація цифрових носіїв та їх конвергенція”, – на думку Р. Венкатавісамі, – “є символікою технологічної еволюції голлівудського кіно наприкінці XX століття”. У цей період активно просувається розвиток програмного забезпечення для комп'ютерної графіки – 3D Studio DOS від компанії Autodesk, Wavefront Technologies, канадської Alias Research та інших [1].

У середині 2002 року революцію у напрямку використання цифрових технологій зробив ще один фільм Джорджа Лукаса – “Зоряні війни. Епізод 2. Атака клонів” (Star Wars Episode II: Attack of the Clones). Він став першим фільмом повністю знятим на цифрову камеру [12].

Отже, видовищність у кіно досягалась за допомогою прийомів розташування камер, монтажних та різних лабораторних прийомів, спеціальних ефектів (specail effects, скорочено SFX – матеріально існуючих методів досягнення видовищності, які реалізуються на знімальному майданчику, різні атмосферні явища, піротехнічні ефекти або грим), а з появою можливостей стали активно застосовувати візуальні ефекти (visual effects, скорочено VFX – згенеровані за допомогою комп’ютерного забезпечення ефекти, які не можливо було реалізувати у реальному житті через свою складність, дороговизну або небезпеку для здоров’я). Для подальшого аналізу ми не будемо враховувати операторські і монтажні прийоми, а також спеціальні ефекти (SFX). Вони є окремою гілкою знань та умінь, які потребують окремого дослідження. Також, по за увагою дослідження залишаються так звані, коригуючі методи візуального сприйняття такі як, наприклад, колоргрейдинг або Matte Painting, їх також можна відокремити в обширну тему для дослідження.

В рамках дослідження будуть розглянуті методи та технології реалізації видовищності у кіно, які сприймаються, як повноцінні персонажі стрічки, навіть якщо вони не є живими істотами. Такі технології та методи можна умовно поділити на три групи. Перша – використання ляльок та зменшених у масштабі предметів або локацій. Прикладами таких методів є:

- макетна кінозйомка (miniature model) – використання зменшених в певному масштабі макетів і моделей різних об’єктів, споруд, машин тощо. (“Титанік”, 1997 рік, режисер Джеймс Кемерон);

- аніматроніка (animatronics) – створення спецефектів за допомогою рухомих штучних частин тіла людини або тварини, коли необхідно створити складний макет, покадрова зйомка якого неможлива. (“Парк юрського періоду”, 1993 рік, режисер Стивен Спілберг);

- стопмоушн (stop motion) – це переміщення в кадрі неживих предметів у результаті зйомки яких створюється анімаційне відео. (“Незрівнянний містер Фокс”, 2009 рік, режисер Вес Андерсон) [13].

Друга – техніка прискорення, уповільнення чи реверсування відзнятих кадрів:

- слоу-мо чи рапід (slow motion/rapide) – прискорена відеозйомка з частотою від 32 кадрів в секунду і вище. Використовується для отримання ефекту уповільненого руху при проекції фільму зі стандартною частотою кадрів. (Матриця, 1999 рік, режисер Лана та Ліллі Вачовські (на той момент Лоуренс та Ендрю Пол Вачовські);

- таймлапс (time-lapse) – покадрова зйомка з довільними інтервалами між окремими кадрами. Застосовується для прискореного відтворення повільних процесів [14]. (“Початок”, 2010 рік, режисер Крістофер Нолан)

- зворотна дія (reverse motion) – дія, яка відображається на екрані у зворотному часі. (“Гравітація”, 2013 рік, режисер Альфонсо Куарон).

Третя група, вона ж і найбільш поширена у сучасному кіновиробництві через свою видовищність та можливості сучасного технічного забезпечення. Метод цифрового генерування оточення та персонажів за допомогою накладання ключових точок на фон, предмет або тіло актора з подальшою обробкою за допомогою цифрових технологій, реальна зйомка яких ускладнена або неможлива. Прикладами таких методів є:

- хромакей та люмакей (keying, chroma key, luma keying) – методика з подальшим поєднанням двох і більше зображень чи кадрів в межах однієї композиції. Хромакей найчастіше використовується для заміни фону, пейзажу або інтер’єру за об’єктом, а люмакей при зйомці вибухів, диму, вогню, тощо. (“Залізна людина”, 2008 рік, режисер Джон Фавро);

- захоплення руху (motion capture) – технологія цифрового запису рухів. (Трилогія “Володар перснів”, 2001 – 2003 роки, режисер Пітер Джексон);

- діпфейк (deepfake) – методика синтезу зображення, заснована на штучному інтелекті. Вона використовується для з’єднання і накладення існуючих зображень і відео на вихідні зображення або відеоролики. (“Богемна рапсодія”, 2018 рік, режисер Брайан Сінгер);

- мачмувінг/моушн трекінг (matchmoving/motiontracking) – методика дозволяє вставляти комп’ютерну графіку у кадри прямої дії з правильним положенням, масштабом, орієнтацією та рухом відносно сфотографованих об’єктів у кадрі. (“Аватар”, 2009 рік, режисер Джеймс Кемерон).

Для аналізу розглянутих технологій та методик виявилось доцільним визначення критеріїв для їх порівняння. Основними стали – кількісний показник переглядів фільму, він відображається у вигляді касових зборів; у протидію касовим зборам став бюджет, тобто витрачені кошти. При виявленні взаємодії між традиційним методом реалізації кінопродукції та застосуванням технологій комп'ютерної графіки, виявилось доречним проаналізувати кількість задіяних спеціалістів під час знімального процесу, а також тих, які були залучені для реалізації візуальних ефектів. Також, важливим критерієм у кіновиробництві є час витрачений на розробку і реалізацію творчого продукту. Поняття «актуальності» теми екранного твору завжди залишається пріоритетним, занадто довге виробництво фільму може стати загрозою втрати глядачів. Для дослідження використані дані з найбільшої світової бази даних про кінематограф – Internet Movie Database (IMDB) [14]. Для уникнення обмеженості бюджету було обрано фільми, які реалізовувались великими студіями, у період активного розвитку і застосування комп'ютерної графіки, від початку 1990х до сьогодення, в яких чітко відображений один з означених методів досягнення видовищності. Важливо розуміти, що усі методи або технології не можуть бути замінені один одним тому не виключено одночасне використання означених методів. Але для порівняння було обрано фільми з більшим застосуванням однієї із трьох груп.

Чисельні показники критеріїв залучених для аналізу наводяться у таблиці 1, а дані за основними критеріями аналізу приводяться у вигляді діаграм (Рис.1, Рис.2, Рис.3).

Таблиця 1. Чисельні показники критеріїв залучених для аналізу

Назва фільму та рік релізу	Бюджет, доларів США	Касові збори, доларів США	Спеціалісти			Час реалізації
			загальна кількість	знімального процесу та SFX	постобробки та VFX	
1	2	3	4	5	6	7
Метод використання зменшених у масштабі макетів						
Титанік, 1997	200 млн	2,2 млрд	2167	285	794	~ 3 роки
Парк Юрського періоду, 1993	63 млн	1,03 млрд	838	134	325	~ 3 роки
Незрівнянний містер Фокс, 2009	40 млн	46,5 млн	566	105	80	~ 2 роки
Техніка зміни швидкості кадрів						
Матриця, 1999	63 млн	465,3 млн	648	104	138	~ 3 роки
Початок, 2010	160 млн	829,9 млн	1510	219	289	~ 1 рік
Гравітація, 2013	100 млн	723,2 млн	1204	97	702	~ 3 роки
Метод цифрового генерування оточення та персонажів						
Залізна людина, 2008	140 млн	585,4	1808	307	505	~ 2 роки
Богемна рапсодія, 2018	52 млн	903,7 млн	986	91	239	~ 1 рік
Аватар, 2009	237 млн	2,8 млрд	3218	357	1901	~ 5 років

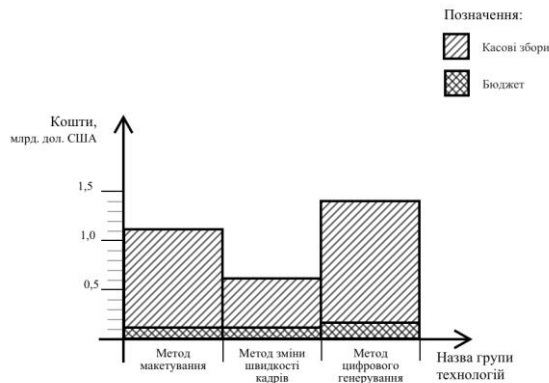


Рис.1. Показник касових зборів у протидію бюджету, млрд. дол. США

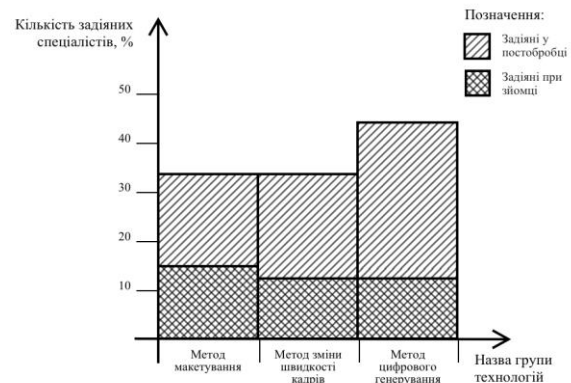


Рис.2. Показник задіяних технічних спеціалістів, % від загальної кількості задіяних осіб

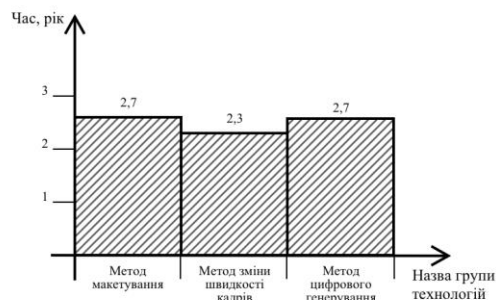


Рис.3. Середнє значення часу реалізації фільму, рік

Аналіз діаграм доводить, що незважаючи на достатньо великі бюджети, які витрачаються для реалізації видовищності, найбільший показник витрат припадає на фільми із застосування цифрових технологій. При значній різниці закладеного бюджету, прибуток у методі макетування та цифрового генерування оточення та персонажів не відрізняються. Отже, приходимо до висновку, що видовищність фільму, яка досягалась означеними методами викликає у глядачів однаково високий інтерес (Рис.1). Але не зважаючи на популярність проаналізованих фільмів, найменший показник касових зборів демонструє метод зміни швидкості кадрів, він менший у майже 1,5 рази (Рис.1).

Порівняння кількості задіяних спеціалістів виявляє, що метод макетування потребує дещо більше спеціалістів, сам показник варіюється від 12,5% до 14,7%. При цьому відчутна значна різниця задіяних спеціалістів, які займаються постобробкою, показник демонструє, що майже половина з загальної кількості найманих спеціалістів займається постобробкою (Рис.2). Час витрачений на реалізацію будь-якого з проаналізованих методів займає від двох до трьох років і не залежить від складу видовищності (Рис.3).

Висновки. Проведений аналіз показав важливість цифрових технологій для кіноіндустрії, а також актуальність традиційних методів реалізації видовищності. Виявлення цього призводить до розуміння необхідності створення цілісного зображення, шляхом суміщення декількох шарів відзнятого відеоматеріалу з цифровими згенерованими моделями, тобто композитінгу, як художнього прийому сучасного кіновиробництва. Підтвердженням цьому є вибух популярності жанру фантастики, у фільмах якого досягти реалістичності рухів неживої істоти цілком комп'ютерними методами, без залучення актора, неможливо, так само як і повного виключення високовартісної технології кеінгу у поєднанні з фахівцями з обробки

отриманих даних, тому що відтворення складних локацій або персонажів за допомогою костюмів чи моделювання не можуть в достатній мірі передати широту застосування та швидкість реалізації, на відміну від комп'ютерно згенерованих.

Тому традиційний метод досягнення видовищності за допомогою маніпуляцій з камерою і світлом, спеціальних ефектів плідно поєднується з сучасними технічними можливостями, за допомогою яких досягаються складновідтворювані у реальності візуальні ефекти. Найвигідніший варіант сьогодні є створення реально відтворених ефектів на знімальному майданчику і подальше їх удосконалення за допомогою комп'ютерних засобів. Тільки у такому комбінуванні є можливість реалізації повного потенціалу та отримання переконливого результату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Venkatasawmy R. The Digitization of Cinematic Visual Effects: Hollywood's Coming of Age / Rama Venkatasawmy. – USA: Lexington Books, 2014. – 288 p.
2. Бобкова К. Д., С. В. Плотникова. Современные компьютерные технологии кино и телевидения. Современные наукоемкие технологии. Москва: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2013. - №8. – С. 180–181.
3. Nawal M. S. Visual effects cinematography. The cinematographer's filmic technique from traditional to digital era. The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication. Istanbul: Istanbul Kültür University, 2012. Vol. 2. Issue 2. – P.115–122. - URL: http://tojdac.org/tojdac/VOLUME2-ISSUE2_files/tojdac_v02i2_FULL.pdf (дата звернення 08.01.2020).
4. Шаповал О. В. Комп'ютерна графіка у кінематографі: проблеми естетичного осмислення історичного розвитку комп'ютерних спец ефектів. Мистецтвознавчі записки. Київ: НАККИМ, 2011. №19. – С. 159–166.
5. Шакирзянова Е. И. Использование спецэффектов в современном кинематографе. Россия молодая: передовые технологии - промышленность! Москва, 2013. №2. – С. 101–103. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_21053456_21945931.pdf. (дата звернення 08.01.2020).
6. Leonard M. The history of computer graphics and effects. URL: <http://www.spherevfx.com/wp-content/uploads/2016/11/History-of-CG-and-FX.pdf> (дата звернення 08.01.2020).
7. Melvin E. Matthews. 1950s Science Fiction Films and 9/11: Hostile Aliens, Hollywood, and Today's News. New York, New York: Algora Publishing, 2007. – 163 c.
8. Дрелинская С. Информационные технологии в области киноиндустрии. Conferința Tehnico-Științifică a Colaboranzilor, Doctoranzilor și Studenților, Universitatea Tehnică a Moldovei, 2016. С. 339–340. URL: http://repository.utm.md/bitstream/handle/5014/855/Conf_UTM_2015_I_pg339-340.pdf?sequence=2&isAllowed=y (дата звернення: 08.01.2020).
9. Peddie J. Ray Tracing: A tool for all. CA, USA: Springer International Publishing, 2019. 358p. URL: <https://play.google.com/books/reader?id=CS2oDwAAQBAJ&hl=ru&pg=GBS.PA14.w.3.0.60> (дата звернення 12.01.2020).
10. Hexiang H. Shading in Computer Graphics. URL: <http://hexianghu.com/graphics/2015/03/23/shading/> (дата звернення 16.01.2020).
11. De Semlyen P. A History Of CGI In The Movies. The highs and lows of a game changer. URL: <https://www.empireonline.com/movies/features/history-cgi/> (дата звернення: 16.01.2020)
12. Елистратов В. Краткая история спецэффектов в кино. Tjournal.ru: электронный журнал. 2014. – Р. ... URL: <https://tjournal.ru/tv/53171-cg-history> (дата звернення: 14.10.2019)
13. Как создать stop-motion анимацию. 2015. – URL: <https://say-hi.me/24-kadra/kak-sozdat-stop-motion-animaciyu.html> (дата звернення: 14.10.2019).
14. Цибанова Н. Н., Шинкарь Ю. А. Покадровая съемка как прием показа динамики объектов и процессов. Культурология и искусствоведение. Международная научная конференция “Культурология и искусствоведение” 2015г. С. 82–91. URL: <https://moluch.ru/conf/artcult/archive/155/7740/> (дата звернення: 10.12.2019).
15. Internet Movie Database (IMDb). URL: <https://www.imdb.com/> (дата звернення 10.12.2019).