

ТРИВИМІРНА ГРАФІКА ДЛЯ КІНО: ВИНИКНЕННЯ І РОЗВИТОК

Вступ. Спецефекти стали невід'ємною частиною сучасного кінематографа. Саме за їх допомогою ми можемо доторкнутися до прекрасного, розширити власну свідомість, побачити неможливе і зробити його реальним. Тривимірна комп'ютерна графіка не тільки винесла кіномистецтво на якісно новий рівень, вона зробила ефекти доступними з економічної точки зору. Замість тисяч статистів сьогодні використовуються групи персонажів, стало можливим відмовитись від побудови великих декорацій. Крім того, тепер одна людина власними силами може створити анімаційний фільм, що раніше було абсолютно недосяжно.

Аналіз останніх публікацій на цю тему. На сайті [5] викладені матеріали до фільму "Потерянная планета", створеного однією людиною. Якість його не набагато нижче за фільми, створені професійними анімаційними студіями.

Частина матеріалів присвячена технічній стороні реалізації тривимірної графіки для кіно. В статті [12] досить детально викладено процес створення ферм візуалізації.

Постановка проблеми. Багато статей присвячені зйомкам фільмів [17, 18, 19, 23]. Але в них не розкриваються особливості роботи програмного забезпечення, що дає можливість тільки в загальних рисах охарактеризувати процес кіновиробництва. Під час опрацювання матеріалів можна помітити, що їх автори, частина з яких на професійному рівні займаються створенням спецефектів, не розкривають особливості їх реалізації. Це стосується не тільки технологічних деталей, а й більшою мірою загального підходу до справи. Мабуть ці технології залишаться таємницею, справою посвячених, недоступні самоучкам. В цій статті розглянемо процес становлення технології спецефектів, особливо таких, які реалізуються за допомогою тривимірної графіки. Також потрібно з'ясувати, за яких умов слід використовувати тривимірну графіку, а коли спецефект тільки ускладнить сприйняття сюжету.

Терміни й визначення. Спецефект – це технологічний прийом в кінематографі і телебаченні, призначений для візуалізації сцен, які не можуть бути отримані звичайним способом (наприклад, для візуалізації бойових дій кораблів майбутнього). Спецефекти також застосовуються, якщо натуральна зйомка сцени занадто затратна в порівнянні зі спецефектом (масштабний вибух). Також програмами обробляють вже відзнятий матеріал (наприклад, накладають синоптичну карту як фон для телеведучого, який розповідає прогноз погоди) [27].

Виклад матеріалу дослідження. Кінематограф є наймолодшим і разом із тим це найбільш популярне із усіх мистецтв. Спецефекти не тільки здатні змусити глядача повірити в створювану на екрані ілюзію, вони формують наш світогляд. Саме тому ми вважаємо, що великий вибух може не

зашкодити людині, кулі з автомата не пробивають автомобіль, а інопланетяни можуть рухатись із надсвітловою швидкістю.

Батьками кінематографа вважаються Луї й Огюст Люм'єри, які 28 грудня 1895 року влаштували перший публічний кіносеанс. Глядачам показали 10 коротеньких фільмів, у тому числі знамените «Прибуття поїзда». У той зимовий вечір було лише 35 чоловік, але вже через тиждень бажаючі глянути на картинки, які рухаються, ставали в чергу. Брати Люм'єр не були першими винахідниками кіноапарата, вони лише організували публічний кіноперегляд за допомогою кінопроектора власної конструкції, якому дали ім'я кінематограф. Для самої зйомки вони використали вдосконалений апарат Вільяма Діксона й Томаса Едісона. Тому американці вважають батьком кіно свого співвітчизника Едісона, а не французьких братів.

Короткометражка «Страта Марії Шотландської» (1895 р.) Альфреда Кларка вважається не тільки першим в історії постановочним фільмом із залученням професійних акторів, але й першою кінокартиною зі спецефектом. Кадр тривалістю 11 секунд був знятий одним загальним планом, а спецефектом стало використання стоп-кадру. Кат заніс сокиру, режисер зупинив камеру й попросив актора, який грав Марію, вийти з кадру, а всіх інших завмерти й не рухатися. Місце людини зайняла лялька, який і відітнули голову після того, як кіноапарат знову запрацював. Сцена виглядала досить правдоподібно, тому деякі із глядачів, які дивилися фільм, всерйоз думали, що жінці під час зйомок відрубали голову. Проте під час повторного перегляду можна помітити зміщення акторів.

Прийнято вважати піонером спецефектів французького режисера Жоржа Мельєса. Уперше він побачив кінематограф на одному із сеансів братів Люм'єр. Ж. Мельєс самостійно віднайшов стоп-кадр приблизно через рік після придбання кінокамери. Про існування стрічки Альфреда Кларка він знати не міг – в XIX столітті інформаційне поле було не настільки великим, як зараз. Відомо, що Мельєс відвідав один із показів братів Люм'єр і оцінив можливості кіно. Він відразу ж запропонував організаторам вистави кругленьку суму за кіноапарат, але одержав відмову. Зрозуміло, Жорж не здався, а просто купив камеру іншої конструкції в англійця Роберта Підлога, після чого вдосконалив її з двома інженерами й запатентував модифікований варіант у вересні 1896 року.

Його кінокартина «Подорож на Місяць» (1902 р.) стала подією в історії розвитку кіномистецтва. В ній було реалізовано стоп-кадр, подвійну й багаторазову експозицію, прискорену й уповільнену зйомки. Тривалість стрічки склала 14 хвилин, у той час як хронометраж більшості картин не перевищував двох-трьох. Сценарій написав сам Мельєс, він же виконав головну роль і виступив як оператор, художник-постановник і фахівець по спецефектам. Бюджет постановки про експедицію групи вчених на Місяць склав астрономічні для того часу 10 000 франків. Жителів Місяця селенітів зіграли професійні акробати в

костюмах. Бутафорські голови інопланетян були виготовлені з пап'є-маше. Більшу частину декорацій намалювали, але були й реальні (Рис. 1). Наприклад, було створено макет артилерійського снаряда, у якому вчені полетіли на Місяць і механізовану декорацію місячного ландшафту.

Картина «Подорож на Місяць» мала грандіозний успіх у Європі, тому Мельєс захотів показати її у США, але не зміг цього зробити. Томас Едісон уже розв'язав патентну війну і не пустив француза на американський ринок. Більше того, американець зробив копії фільму Мельєса і показував французький проект, проігнорувавши авторські права. Жорж Мельєс не одержав ні centa.

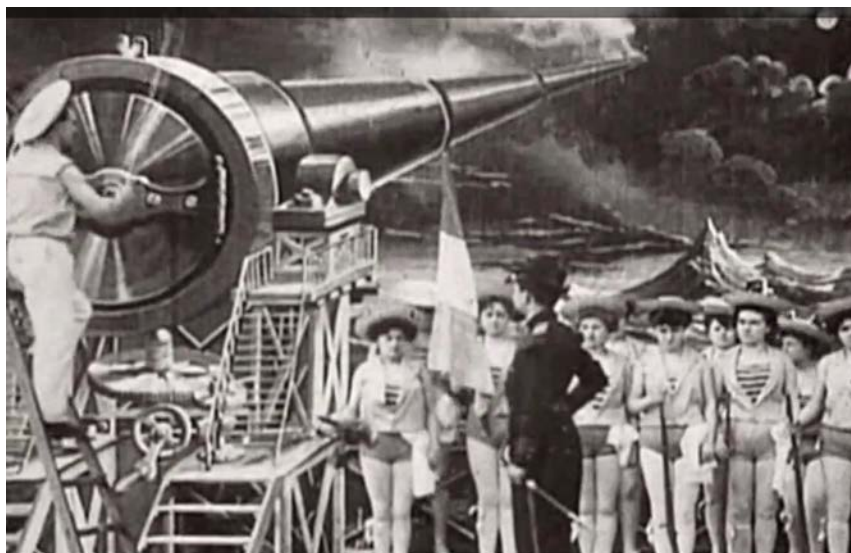


Рис. 1. Кадр із фільму "Подорож на Місяць" [29]

Тогочасні спецефекти створювались просто. Наприклад, через зображений на склі пейзаж знімали актора; закривали частину об'єктиву чорною тканиною, а потім експонували плівку другий раз, закривши вже відзняту половину – так виходило примітивне сполучення кадрів; на екран за сценою проектували спеціально знятий фільм, створюючи ілюзію руху героїв у машині або поїзді. Гарним прикладом служить фільм «Каучукова голова», де в одному кадрі одночасно присутній і сам Ж. Мельєс, і його голова збільшеного розміру. На той час зображення мініатюрної балерини на столі або величезної голови поруч зі звичайною людиною було дивом. Ж. Мельєс також першим почав використовувати макети і театральне обладнання. Творці «Зоряних війн» (1977 р.) визнали, що вивчали роботи Ж. Мельєса. А на початку ХХ століття режисери ще довгий час опановували їх.

Щоб реалізувати свої ідеї, Жорж Мельєс відкрив першу студію спецефектів в оранжереї свого замського будинку. Там він зводив декорації, макети і займався розробкою трюків. Протягом 10 років він

залишався режисером найпопулярніших фільмів у світі, але згодом став нецікавий публіці – його кіномова не розвивалася, а фокуси швидко набридають. До того ж, драматургія його картин поступалася стрічкам інших амбіційних авторів, які перетворили кіно з атракціону на мистецтво. Цей етап можна назвати початковим в розвитку спецефектів.

До початку Першої Світової війни Мельєс був змушений закрити театр і незабаром став пересічним власником кіоску з іграшками. Свої дні великий кіночарівник закінчив у пансіоні для старих акторів у Парижі.

Через 31 рік на екрани вийшов «Кінг Конг» (1933 р.), який і зараз продовжує дивувати своїми спецефектами. Експерт Уїлліс О'Брайен використовував метод покадрової зйомки і домігся приголомшливої комбінації лялькових і живих персонажів. Під час покадрової зйомки кінокамера робить одиничні знімки, між якими помічники режисера змінюють розташування предметів і рухають ляльку. Потім зняті кадри монтуються з тими, де діють живі актори. Виходять комбіновані зйомки, у яких О'Брайен досяг досконалості.

Значною подією для розвитку спецефектів стала поява в середині ХХ століття машини оптичного друку. Це було поєднання кінокамери і проектора, яке дозволяло робити багаторазові накладення плівок і легко сполучати живі персонажі з манекенами, макетами і ландшафтами, збільшувати й зменшувати будь-які предмети.

Режисер Рей Херріхаузен відпрацював мистецтво комбінованої зйомки із застосуванням машин оптичного друку настільки, що зумів не просто сполучити в одному кадрі живих людей і ляльки, але й змусив їх так переконливо взаємодіяти, що глядач не відчував фальші (Рис. 1). Прикладом є фільми «Сьома подорож Сіндбада» (1958) і «Ясон і аргонавти» (1963).



Рис. 1. Кадр з фільму "Сьома подорож Сіндбада"

Комбіновані зйомки досягли апогею свого розвитку в картині Стенлі Кубріка «Космічна одісея 2001 року» (1968). В ній були задіяні всі можливі спецефекти, відзнятий матеріал для цього фільму перевищував остаточний варіант в 200 раз. Фільм розповідає про космічну подорож екіпажа корабля Discovery 1 до Сатурна з метою дослідження його супутників і кільця [20].

В 1974 р. для фільму «Вони прийшли зсередини» було розроблено новий спецефект: надувні балончики під фальш-шкірою актора створювали враження якоїсь істоти, яка бігає по тілу жертви. Ці трюки вдало доповнювали грим. Для фільмів про перевертнів використовували спеціальну вставну щелепу, що «виїжджала» вперед на роликах, імітуючи перетворення обличчя в морду вовка-перевертня («Виття», 1981). Цей період можна назвати другим етапом в розвитку кіноефектів.

В 1977 р. створено систему електронного контролю за рухом камери, яку використали в тому ж році в «Зоряних війнах» Джорджа Лукаса. Наступним кроком стало створення системи автоматичного контролю за лялькою. У кінокартині «Убивця дракона» (1981) головне чудовисько рухає складний механізм, яким керує комп'ютер. Тепер можна було обійтись без покадрової анімації, яка не могла забезпечити абсолютно плавного руху ляльок. У фільмі "Термінатор" добре помітно, як смикається ендоскелет робота. Цей етап можна вважати особливим – комп'ютери вже використовувалися, але не для обробки зображення, а для керування механізмами.

Етап сучасності характеризується використанням комп'ютерів для генерації й обробки картинки. Перші експерименти з комп'ютерною графікою здійснювались, головним чином, в Університеті Юта, США. Тут Іван Сазерленд і Дейв Еванс створили комп'ютерну лабораторію, в якій працювали майбутні засновники Adobe Systems і Silicon Graphics, розробник z-буфера та інші видатні фахівці.

Саме в 1970-і роки закінчилось "золоте століття Голівуду". Кіноглядачі втомилися від помпезних декорацій і багатотисячних костюмованих масовок. Народ, як і раніше, вимагав видовищ, але касові збори неухильно падали.

Відповіддю на сподівання кіноглядачів і кінопромисловців стала четверта частина епопеї "Зоряні війни", яка одержала символічну назву "Нова надія" (1977). Цей фільм виявився унікальним для свого часу, в ньому комп'ютери мали подвійне застосування. По-перше, вони керували рухом камер. Наприклад, проліт космічного "човника" на тлі реального пейзажу є результатом монтажу двох кадрів, зйомки кожного з них здійснювались камерами, які рухались по ідеально погоджених траєкторіях. Для позиціонування камер і керування їх затворами було розроблено спеціальне програмне забезпечення. Взагалі ця технологія з'явилася задовго до "Зоряних війн": її першовідкривач – Джон Уїтні, який експериментував в 50-і роки з аналоговими комп'ютерами і механізмами наведення гармат часів Другої

світової війни.

По-друге, "Нова надія" містила 90 секунд справжньої комп'ютерної анімації. За іншою версією, першим фільмом з комп'ютерною графікою є TRON (1982) або Star Trek II: The Wrath of Khan (1982). Але всіх випередив Лукас, який застосував для віртуального польоту крізь тривимірне креслення "Зірки Смерті" (у сцені інструктажу льотчиків-повстанців) академічну програму GRASS (GRAphics Symbiosis System). Підготовка цієї примітивної, за сучасними мірками, анімації зайняла три місяці.

Всі інші ефекти були стандартними, некомп'ютерними, наприклад космічні кораблі були макетами невеликого розміру. Одного разу режисер зізнався, що в ролі макета для одного з астероїдів він використав картоплину.

Таким чином, сучасні спецефекти можна розділити на чотири групи. Це механічні, оптичні, цифрові (комп'ютерні) і грим. Найчастіше використовується їх поєднання, тому комп'ютерні ефекти підкріплюються на знімальному майданчику. Всі попередні описані спецефекти належать до оптичних – їх отримують в результаті комбінованої зйомки. Механічні ефекти – це вибухи, пориви вітру, дощ, сніг, туман тощо. Грим дозволяє знімати акторів без постобробки, що часто доцільніше. Розвиток механічних ефектів і гриму підштовхнуло зростання популярності жанру фільмів жахів в 1970-і рр.

Другим фільмом з наявністю цифрових ефектів став трилер «Трон» (1982) про людину, яка потрапила всередину гігантського комп'ютера. Графіка була дуже примітивна. В тому ж році у фільмі «Нічний кошмар» хлопчика, який захопився відеогрою, атакували її персонажі. Використовувалась векторна технологія – об'єкти й персонажі створювались як каркаси і тільки потім набували товщини в результаті подальших комп'ютерних операцій.

"Повернення Джедая" (1983 р.) ознаменувалося двома комп'ютерними інноваціями. По-перше, "дротова" 3D-анімація була доведена до досконалості. Нове креслення "Зірки Смерті" містило десятки тисяч вершин; крім того, із плоскої поверхні екрана його перенесли в приміщення, заповнене повстанцями.

По-друге, в студії вперше застосували програмне забезпечення EditDroid, яке стало прообразом програм нелінійного монтажу. Зрозуміло, обчислювальні потужності того часу не дозволяли зберігати кадри фільму в оцифрованому виді, тому як проміжне середовище для чорнового перегляду результатів використовувались відеострічка. Результатом роботи програми EditDroid став не готовий фільм, а список монтажних склейок, обчислених з покадровою точністю. Пізніше ліцензія на цю технологію була передана компанії Avid Technologies, що перенесла EditDroid зі станцій Sun на комп'ютери Apple. Завдяки здешевленню апаратної бази Avid вдалося згодом впровадити нелінійний монтаж у масове кіно- і відеовиробництво. Продукт одержав назву Media Composer, а зараз програми такого роду входять у

стандартну комплектацію побутових цифрових відеокамер.

В 1984 році створено анімаційний фільм "Пригоди Андре і бджоли Уоллі" (Рис. 1), вперше повністю виготовлений на комп'ютері. Для створення півторахвилинної анімації було задіяно 6 суперкомп'ютерів. Фільм представили на щорічній конференції SIGGRAPH, що викликало ефект бомби, яка розірвалася. Учасники конгресу побачили технологічно бездоганний (як на ті часи) фільм.

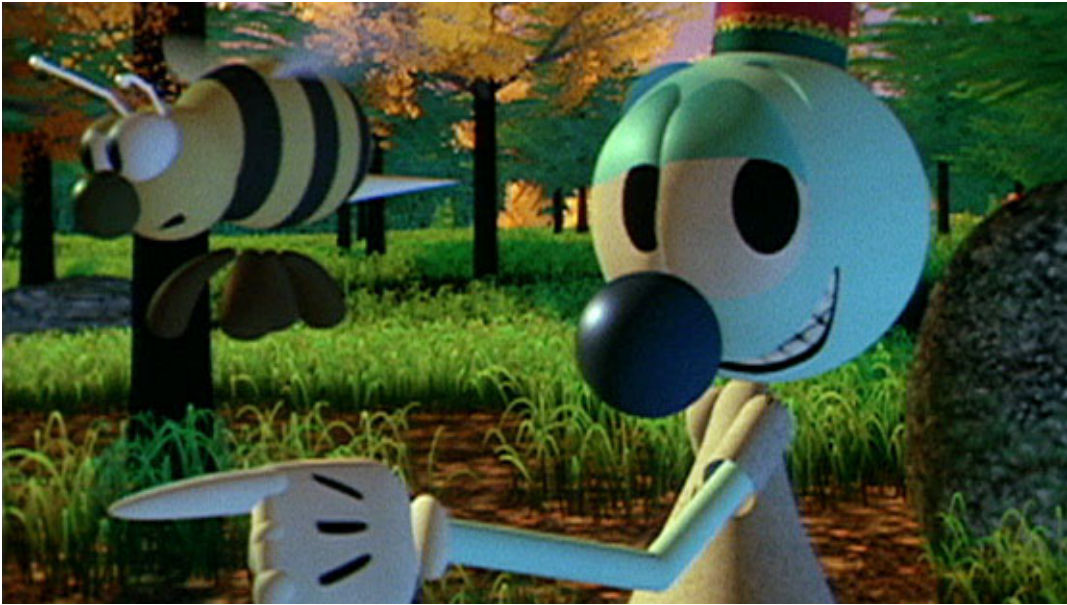


Рис. 1 – Кадр з фільму "Пригоди Андре і бджоли Уоллі" [1].

1985 р. – у фільмі «Молодий Шерлок Холмс» з'явився перший цифровий персонаж. Лицар зі скляної мозаїки в церкві вступив у рукопашну сутичку з живим актором. Його одержали шляхом сканування малюнка і подальшої комп'ютерної обробки. Робота над короткою сценою зайняла кілька місяців [9].

В 1986 р. компанією Pixar Animation Studios випущено мультфільм "Люксо молодший". Це була демонстрація можливостей молодого підприємства. Головним чином його створили для демонстрації тіней, які утворюються від світла двох ламп. Освітленість і колір поверхонь прораховувались спеціальною програмою RenderMan [2].

1988 р. – фільм «Хто підставив кролика Роджера?». Комп'ютерні технології дозволили об'єднати в кадрі мальовані і живі персонажі таким чином, що їхня взаємодія здавалася природною.

В тому ж році у фільмі "Willow" (Уиллоу або Верб) вперше використано ефект морфінгу: перетворення чаклунки з опоссума в козла, з козла в страуса, зі страуса в черепахи, із черепахи в тигра, з тигра в людину. Комп'ютер дозволив показати поступову трансформацію вигляду за допомогою програми зміни ліній тіл з використанням фотографій різних тварин [10].

В 1989 р. відбулася подія, яка зробила словосполучення Silicon Graphics і «комп'ютерні спецефекти» синонімами: вийшов фільм «Безодня». В ньому істота, яка складалася зі струменя води, була створена за допомогою програмного пакета Alias 2.4.2 на базі станцій IRIS 4D. Група фахівців спочатку провела тривалі й повномасштабні дослідження всіх характеристик води, від заломлення світла до виникнення хвиль. Дані були використані під час моделювання.

В 1990 р. кіноіндустрія презентувала глядачеві кілька фільмів з комп'ютерними ефектами. Молода студія Rhythm & Hues створила більше 30 епізодів з фотореалістичними літаками, авіабомбами і димом для фільму "Поле зловмисника" ("Flight of the Intruder"). Інша компанія, deGraf/Wahrman, анімувала голову "куркоподібного" робота у фільмі "Робокон 2". Останній фільм, на який варто звернути увагу – "Згадати все" ("Total Recall"), який вийшов у червні того ж року. Для анімації кістків людей використано техніку "захоплення руху" (motion capture).

Тим не менше, комп'ютерна графіка й анімація у всіх перерахованих вище фільмах (за винятком, хіба що, "Безодні") була еволюційною. Чергова революція відбулася в 1991 році з виходом фільму "Термінатор 2: Судний день", який підкорив мільйони глядачів і відразу став класикою фантастичного кінематографа.

Розвиток ефекту морфінгу призвів до появи персонажа з «рідкого металу», який міг приймати будь-які форми. Для цього дизайнери створили комп'ютерну модель актора Роберта Патріка, за допомогою якої реалізували всі трансформації, від акторки Лінди Хемілтон до картої підлоги.

Вартість зйомок фільму склала більше 100 млн. дол. Було задіяно більше 1000 чоловік, які працювали впродовж півроку. Робота над кадрами з категорії "важкі, дуже важкі і неймовірно важкі" була розділена між шістьма командами художників і аніматорів. Потрібно було враховувати закони фізики і оптики, щоб зберегти реалістичність [10]. Для робіт над фільмом придбали апаратури на суму 3,5 млн. дол. Сюди входили 35 графічних станцій Silicon Graphics Personal Iris 4D і програмне забезпечення компанії Alias Research – Alias 2.4.2, а також третю версію програми тривимірного моделювання – Alias Power Animator. Фінальна візуалізація була здійснена пакетом RenderMan, який на 1990 р. міг обробляти більше 80 млн. полігонів у сцені.

1993 – фільм «Парк юрського періоду». Новий щабель в еволюції цифрових ефектів: абсолютно реалістичний динозавр взаємодіяв з живими акторами. Створені для фільму манекени оцифровувались лазерним скануванням, щоб комп'ютерний образ повністю відповідав лялькам. У картині близько 6 хвилин чистого часу комп'ютерної графіки.

1994 – фільм «Ворон». Після трагічного випадку на зйомках, коли актор Брендон Чі випадково загинув від пострілу з вогнепальної зброї, продюсери прийняли рішення замінити його дублером, а там,

де не уникнути крупного плану – відтворити його комп'ютерним способом.

У картині Роберта Земекіса «Форрест Гамп», що вийшла того ж року, є епізод, у якому головний герой у складі американської збірної по футболу попадає до Джона Кеннеді. Президент тисне йому руку, що складає враження реальності. Якби не гумористична репліка Гампа, який до цього випив 15 пляшок безкоштовного газованого напою, на питання президента «Як поживаєте?» : «У туалет хочу» – глядачі ні на секунду не засумнівалися б у дійсності того, що вони бачать на екрані.

У фільмі «Маска» головний герой на очах здивованих глядачів «заковтує» в'язку динамітних шашок, які вибухають у нього в животі, не заподіявши йому ніякої шкоди. Сканування особи актора з наступною його видозміною за допомогою комп'ютерних графічних програм потребувало двох місяців праці, щоб одержати сімнадцять секунд на екрані.

В кінці 1994 року було випущено перший тривимірний мультфільм з моряком Папаєм, створений за допомогою редактора Softimage XSI. А на кінець 2004 р. відома анімаційна студія Blur Studio представила перший проект, в якому Міккі Маус та інші герої стали тривимірними.

1995 р. – мультфільм «Історія іграшок». Це перший повністю комп'ютерний повнометражний фільм.

1999 – фільм «Матриця». В ньому реалізовано новий ефект під назвою «плаваюче розкадрування», який до того часу використовувався тільки в телерекламі. Суть його у об'ємному зависанні персонажа в кадрі – глядач бачив не просто стоп-кадр або вповільнену зйомку, а об'їзд камери навколо завмерлого в повітрі актора. Це було досягнуто шляхом взаємодії комп'ютерних і механічних засобів. Знімальний майданчик оточили 120-ма кінокамерами, які знімали безперервно. Потім з кожної плівки потрібні кадри. Після монтажу персонаж повільно рухався під час обльоту.

В сцені боротьби десятків копій агента Сміта з Нео грим не застосовували, оскільки всі агенти мали рухатись і виглядати однаково. Реальна людина була одна, а всі інші цифрові. Для цього п'ять цифрових камер Sony HDW-900 відзняли особу Хьюго Уівінга (актора, який грав Сміта) з різних ракурсів. Потім за допомогою лазерного сканування записали найменші деталі його міміки. На основі гігабайтів отриманих даних спеціальна програма прорахувала всі інші можливі ракурси голови Сміта для кожного моменту сцени.

1999 – фільм «Зоряні війни, епізод 1: Примарна загроза». В ньому реалізовано акторську гру великої кількості анімаційних персонажів. Сцена панічної втечі тварин на планеті Набу, які рятуються від зорельотів Торговельної Федерації, вимагала використання спеціалізованого анімаційного пакета Fred, в якому траєкторії руху кожного персонажа складались з різнобарвних ділянок, в яких колір залежав від пріоритету руху. Тобто кожен істоту не анімували, вона рухалась сама за певними правилами. Деякі кадри цієї сцени вміщали одночасно до 60 тварин. У більш масштабній батальній сцені три тисячі

рептилій боролися із чотирма тисячами бойових роботів; кількість глядачів, які спостерігали за гонками на реактивних скутерах, також обчислювалася тисячами. Щоб надати поведженню учасників масових сцен правдоподібний характер, їх довелося наділити ознаками штучного інтелекту. Наприклад, глядачі були "навчені заводити друзів", тобто в міру просування до воріт стадіону поєднуватися в невеликі групи. Іншою продуктивною ідеєю виявилось використання "морквин" і "скунсів", тобто невидимих об'єктів, які діяли на пішоходів подібно магнітам, які відштовхували і притягували. Це дозволило уникнути явища, в якому живі істоти, як роботи, йдуть до цілі.

Наступним кроком було використання обчислювальної оптимізації. Обробляти високополігональний об'єкт, який на екрані буде представлений кількома пікселями було б невиправданим марнотратством пам'яті й процесорного часу. Традиційним критерієм зміни деталізації об'єкта є відстань між ним і камерою. Додатково фоновий ландшафт розбили на ділянки, рівень деталізації яких визначався на підставі аналізу її вигляду в кожному кадрі.

Один із центральних персонажів – Jar Jar Binks із планету Набу – був повністю змодельований на комп'ютері. Навмисна кумедність його вигляду була наслідком маскуванню недосконалої тодішніх технологій (у першу чергу анімації обличчя). Вона викликала неприйняття фанатів, які відмовилися дивитися "Приховану загрозу" другий і третій раз. У результаті прокатники не дорахувалися кількох мільйонів доларів [26].

Фільм 2000 р. «Невидимка» містить ефект поетапного зникнення людини: починаючи зі шкіри, послідовно зникає жирова підкладка, м'язи, внутрішні органи і кістки. Також представлено рух «невидимки» під струменями води. Подібне стало реальним після завершення створення комп'ютерної програми імітації людського тіла, коли за допомогою комп'ютера не тільки позначали рухи різних частин тіла, але й контролювали окремі групи м'язів, аж до лицьових.

"Атака клонів" (2002 р.) стала першим масштабним проектом, повністю знятим на цифрові камери (єдина плівкова камера, яка була на знімальних майданчиках на вимогу страхової компанії, так і не була розпакована). Ця технологія зробила традиційні поняття "препродакшн" й "постпродакшн" нероздільними: робота з комп'ютерної обробки знятого матеріалу могла починатися відразу після зйомок. Крім того, актори й оператори одержали можливість знімати довільну кількість дублів, не піклуючись про перевитрату дорогої кіноплівки; режисери – переглядати відзнятий матеріал, не витрачаючи часу на проявлення; продюсери – забути про ризик пошкодження майстер-копії під час тиражування. Навіть відмовились від такого атрибута кіновиробництва, як хлопавка, оскільки під час цифрової зйомки синхронізація звукової доріжки і зображення відбувається автоматично.

У цілому, "Епізод 2" створювався по стандартній для таких фільмів схемі: акторів, знятих на фоні

синього екрану, накладали на комп'ютерний фон. Для деяких об'єктів використовувалися зменшені моделі, а комп'ютер приводив фон, макети й акторів до одного масштабу і реалістично все це поєднував. В такому підході виникають проблеми: як тінь від реального актора змусити падати на віртуальну стіну. Або навпаки: змусити відблиск від комп'ютерного спецефекту впасти на відеоряд реального актора. Ці ефекти створювалися вручну аніматорами.

Одинадцяте липня 2001 року – точна дата, з якої почалося нове літочислення в історії кіно. На екрани США вийшов фільм «Фінальна фантазія» – перша картина, у якій не було жодного живого актора (рис. 1). Дія фільму відбувається в 2065 році: над Землею нависає загроза інопланетного вторгнення. Головні герої збираються побороти зло за допомогою «Хвиль Духа» – за їх допомогою вони можуть протистояти роботоподібним прибульцям і лиховісному генералові Хейну, божевільному від ідеї світового панування.



Рис. 1. Кадр з фільму "Фінальна фантазія"

Автори «Фантазії» створювали своїх роботів з чистого листа, не скануючи вигляд реальної людини. Ще рік назад відтворити живу людину на комп'ютері було проблематично. Над віртуальною Марлен Дітріх билися не один місяць, використовуючи сотні фотографій і тисячі кінокадрів, однак, не надто успішно: явно відчувалася недостатність міміки. Другою проблемою було відтворення вигляду людського волосся. І не тільки людського. Ще Ентоні Уоллер, автор сівела «Американського перевертня» скаржився, що витратив два роки на волоссяний покрив своїх вовків, а шкіра «Чужого-3» просто викликала розпач у

знімальної групи. Підраховали, що на створення волосся Акі було витрачено 100 людиногодин.

Ще одною проблемою став рух персонажів, точніше його засмиканість і неприродність. Для вирішення її використовували технологію Motion Capture (захоплення руху): за датчиками, закріпленими на тілі людини, відслідковували положення її кінцівок. На створення приблизно чотирьох хвилин готового матеріалу йшло біля місяця.

Але найвища майстерність фахівців з комп'ютерної графіки полягає в тому, щоб глядач взагалі не помітив спецефектів. Фільм "Титанік" Джеймса Кемерона – краща тому ілюстрація. На його зйомки витратили 200 мільйонів доларів. Катастрофа на екрані дає можливість уявити, що використовували повнорозмірний макет корабля. Для деяких сцен використали цифрову копію, кілька реальних інтер'єрів і макети корабля розміром 1/6, 1/8 і 1/20. Знімали їх в сухому павільйоні, а воду, плаваючі в променях світла частинки, риби в каюті Роуз – додали комп'ютерним способом. Рухи моделей людей в сцені відплиття реалізували із застосуванням датчиків руху, інколи вручну, іноді використовуючи живих акторів. Проводжаних було небагато, тому їх знімали на зеленому фоні в різних частинах павільйону камерою, рух якої контролювали спеціальні програми, а потім "розмножували" на комп'ютері – технологія давно відома й відпрацьована. У морі, де Титанік показаний з висоти пташиного польоту, також використовувались цифрові актори і макети корабля 1 до 20.

Проблема полягала в тому, що частини надбудови перекривали "акторів" і треба було зосередити зусилля, щоб синхронізувати взаємні переміщення "акторів", численних "масок", їх що перекривають, і скомбінувати разом елементи зображення.

Основні зйомки велися в Мексиці, а не в північній Атлантиці, тому акторам відтворювали пару, що йде з рота. Елементи пари знімали на чорному фоні і потім накладали поверх знятих у Мексиці кадрів з дією. Зображення, на якому з висоти показаний розлам корабля навпіл, отримане з макету 1/6 у басейні, а пасажирів, які рятуються від води й гинуть у розламі – знову цифрові актори.

Але не всі спецефекти створювали за допомогою комп'ютера. Бризки води знімалися реальні від кинутих в океан предметів. Сам фільм обробляли першою версією Adobe After Effects. Тактова частота комп'ютерів складала 433 МГц і вони працювали під Windows 95.

В 2001 році вийшов фільм "Корпорація монстрів", в якому глядачі вперше побачили героїв з реалістичною шерстю, а у випущеному в тому ж році "Шрек" – величезні ліси з детальною прорисовкою дерев і листків на них [1].

Володар кілець (кінотрилогію) знімали в 2001-2003 рр. Персонажа Горлума теж створили за допомогою техніки «захоплення руху». Датчики на цей раз дозволили передати також міміку актора [24].

Розроблення однієї з технологій було розпочато ще в 1996 р. Мова йде про програму Massive, яка

дозволяла знімати сцени баталій. Фактично це система штучного інтелекту. Кожний з комп'ютерних воїнів який приймає участь у битві, думає самостійно і вирішує, що робити далі без втручання аніматора. Це дозволяє знімати до 70 тисяч персонажів одночасно. Живі актори знімалися у павільйоні на фоні синіх екранів. Після цього їх суміщали з воїнством, створеним у програмі.

Печерний троль – повністю комп'ютерний персонаж. Його виготовили з пластиліну, а потім оцифрували за допомогою тривимірного сканера і оцифрували в редакторі тривимірної графіки. Тобто не завжди доцільно навмання рисувати в тривимірному редакторі [4], оскільки питання полягає в ефективності цієї роботи.

Під час зйомок Трансформерів в 2007 р. велику увагу приділяли реалістичності. Слідкували, щоб ні одна деталь автомобілів не заважала трансформації. Деякі деталі склалися з 17 тисяч частин, тому візуалізація одного складного кадру вимагала 38 годин [30].

Аватар. Один із наймасштабніших фільмів, знятих за історію кінематографа. Виготовлення реквізиту зайняло півтора роки. Актори мали бути схожими на комп'ютерних персонажів, оскільки складно в протилежному випадку отримати коректний результат під час захоплення міміки. Обличчя актора знімала ширококутна камера, вмонтована у гарнітуру. Міміка відслідковувалась по точкам, нанесеним на обличчя актора. Щоб зробити захоплення руху, акторам довелося тернутися місяцями. Підготовка включала стрільбу з лука, поїздки на конях, вправи зі зброєю.

Для контролю результату було створено "віртуальну камеру". Це монітор, положення якого можна було відслідковувати за допомогою "захоплення руху", тобто по маркерам на ньому. Координати передавались камері в програмі. В останню передавались також положення акторів і цифрові декорації. За допомогою "віртуальної камери" можна було бачити в реальному часі, що знімається на майданчику. Направивши її на актора, можна було побачити комп'ютерного персонажа.

Захоплення руху – це технологія перенесення гри актора на комп'ютерного персонажа. Актор одягає костюм з маркерами, кілька камер фіксують рухи останніх, а програма обчислює їх координати в тривимірному просторі і передає рух комп'ютерному персонажу. Таким чином, можна грати персонажа без багатогодинного гримування.

Для реалістичності було розроблено мову племені планети Пандора – "наві". Мова містила від 400 до 500 слів – саме стільки їх було в діалогах. Музику до фільму грав оркестр, синтезований електронними інструментами звук не використовували.

Фільм "Джон Картер", який вийшов на екрани 8 березня 2012 р, став одним з найбільш збиткових фільмів за історію кінематографа. На його зйомки було витрачено 275 млн. дол., значна частина яких пішла на створення спецефектів. Дійсно, якість дуже висока, як і якість анімації. Крім цих коштів,

витратили 100 млн. на рекламу. В результаті збитковість складала 200 млн. Недоліком фільму є сюжет – занадто запутаний і спрощений [28].

Кількість сцен із спецефектами може сягати 1500 ("Гаррі Поттер і Кубок Вогню") [6]. Тому кадрами з ефектами займаються окремі студії; як правило, робота розподіляється між декількома з них.

Реалізація спецефектів починається з ідентифікації і відбору сцен із ними. Виготовляються скульптури всіх істот і предметів, які згодом оцифруються. Це можуть бути глиняні або пластилінові моделі.



Рис. 1. Глиняні моделі змієвків і танатора із фільму "Аватар"

Робота розподіляється між великою кількістю вузькоспеціалізованих фахівців, які на високому рівні знають свою справу і працюють на рівні автоматизму. Робота виконується швидше, якщо працюють скульптор, художник, спеціаліст з 3D-моделювання і аніматор, ніж 4 3D-спеціаліста. Саме тому так багато для фільмів будуються моделі. Це дає можливість говорити предметно. Але багато фільмів містять нові спецефекти, що може багаторазово уповільнити процес. Наприклад, виникли проблеми з текстуруванням дракона в фільмі "Гаррі Поттер і Кубок Вогню". Текстури не лягали на модель, тому на текстурування витратили 12 тижнів [6]. Для прискорення анімації дракона використовувати заготовлені пози останнього. Кожний суглоб моделі має обмеження на поворот, щоб не було недостовірного викручування суглобів. На моделі є набір контрольних точок, рухаючи які, аніматор добивається руху відповідних частин тіла.

Для роботи використовуються спеціальні вузькоспеціалізовані програми. Також розробляються додаткові програми. Анімація може виконуватись як вручну, так і процедурно, тобто за допомогою алгоритму поведінки. Сучасне програмне забезпечення працює значно швидше, але споживає десятки Гігабайт оперативної пам'яті [6].

В перших програмах комп'ютерної анімації фахівець задавав тільки два положення анімованого об'єкта – початкове і кінцеве, а програма сама прораховувала всі проміжні кадри. Кадри, які фіксували початкове і кінцеве положення, називали ключовими.

Але така анімація має недоліки. В реальному житті об'єкти рухаються плавно, вони не можуть моментально набирати швидкість і зупинятися. Крім того, за допомогою ключових кадрів важко описати поведінку деяких об'єктів: рідин, тканини, вогню, шерсті і предметів, що розбиваються. Алгоритм вирішення цих задач складний і реалізується за допомогою спеціальних програм і плагінів. Наприклад, є симулятор рідини RealFlow компанії NextLimit. Симулятори тканини дозволяють імітувати її поведінку на вітрі або розрив. Симулятори волосся і шерсті використовують математичний опис поведінки цих покривів, оскільки описати кожен волосину неможливо. Також для імітації рідин використовують метаболі – спеціальні об'єкти, які під час наближення взаємодіють і зливаються в один. Важко моделювати і велику кількість об'єктів, наприклад іскри бенгальського вогню. Для таких тіл використовують системи частинок. Моделювання істот складне, оскільки рухи об'єктів, створені за допомогою ключових кадрів, не є природними, тому використовують техніку захоплення руху. Скелетна анімація запобігає викривуванню суглобів в протилежну сторону і зміні довжини різних частин тіла. Для узгодження рухів сполучених частин тіла залучають пряму і обернену кінематику.

Після закінчення анімації модель візуалізується (здійснюється рендеринг). Під час рендерингу розраховується стан каркасних моделей на конкретний кадр, який виводиться. Далі на каркаси проектується текстури, розраховується освітлення, тіні. На останньому етапі розраховується значення кольору кожного пікселя екрану у відповідності до вибраного алгоритму візуалізації. Це досить ресурсомісткий процес. У кожній студії, яка займається цифровими спецефектами, є власна "рендер-ферма". Це кластер із кількох сотень, а іноді і тисяч машин, які працюють тільки над візуалізацією. Рендеринг одного кадра може зайняти кілька днів [11].

Це тому, що роздільна здатність кадра кіноплівки (35 мм) досить велика. Це може бути 4096×3112 або 4096×2214 точок. Це вимога кінотеатрів – саме такі проектори встановлені в них. Новий формат IMAX має в 4 рази більшу роздільну здатність, оскільки ширина кадра 70 мм, причому плівка рухається горизонтально [31]. Під час візуалізації ефектів до фільму Transformers 2: Revenge of the Fallen була задіяна рендер-ферма з 5700 ядрами. Виведення одного кадру може займати до трьох діб. Судячи з досвіду роботи автора в програмах анімації і тривимірного моделювання, кіновиробники працюють з іншими версіями програм, а не призначеними для масового ринку, які забезпечують стабільну роботу. Більш імовірно, що спеціальні програми не мають такого різноманітного графічного інтерфейсу, а більша частина команд дається в режимі командної строчки і редагування текстового файлу. Саме графічний

інтерфейс переважно призводить до помилок, оскільки складність його коду велика (використовуються класи і компоненти). Сам код для накладення ефектів порівняно не складний.

Під час створення ефектів віддають перевагу зніманню фрагментів і об'єднанню їх шляхом накладення і монтажу, ніж виготовленню цілісного кадра в одній програмі. По-перше, експорт-імпорт всіх об'єктів в одну програму важко реалізувати через втрату інформації і несумісність форматів. По-друге, програма з усіма компонентами вимагатиме значно більше системних ресурсів і працюватиме нестабільно. Але, найголовніше, в одній програмі може працювати тільки одна людина, відповідно швидкість роботи падає. Вважається за краще розділити роботу між п'ятьма художниками і двома монтажерами, ніж використовувати одного універсального спеціаліста. Через об'єм роботи створення фільму невеликою групою може розтягнутися на рік, що призведе до фінансових збитків [7].

Автор помітив, що професіонали не розкривають своїх секретів ще під час навчання на другому курсі університету. Одна справа, якщо фахівець є поганим і не знає матеріалу, інша справа, якщо знання, отримані від когось держаться в таємниці. Художники вже давно користуються графічними планшетами, на які виводиться зображення (Рис. 1),

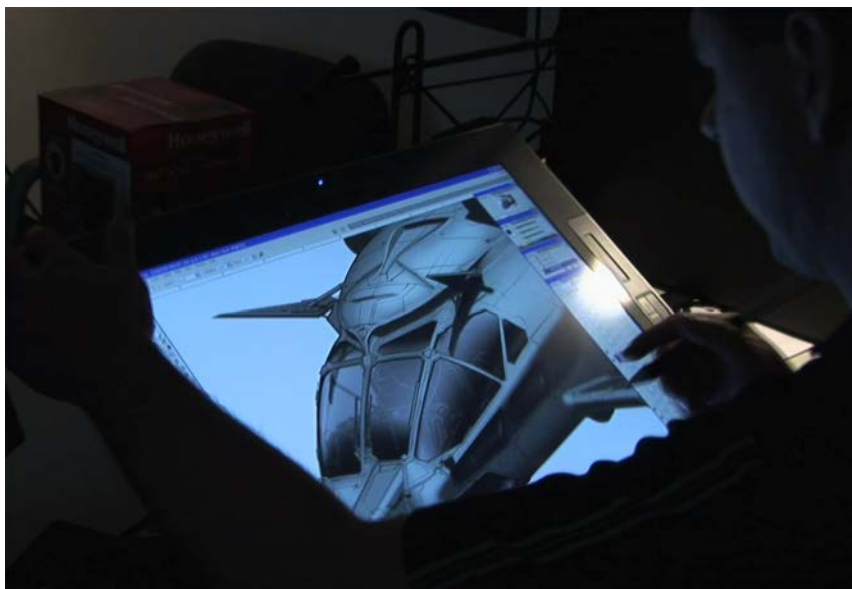


Рис. 1. Графічний планшет.

Поява комп'ютерних спецефектів не тільки різко змінила процес кіновиробництва, але і сформувала нового глядача. На сьогодні його вже важко здивувати. Автор помітив по собі: раніше будь-який фільм зі спецефектами викликав захоплення. Тепер же аудиторія потребує все більш вишуканих кадрів, які обходяться все дорожче. Але, крім сюжету, є річ, яка дуже важлива на цьому поприщі: реалістичність кадрів. Явище і його перебіг, зображені в ефекті, мають відповідати законам фізики. Це не

тільки закони оптики, які передбачають відбиття оточуючих предметів на комп'ютерному персонажі, а і власне можливість виникнення самого явища. Наслідки незнання фізичних законів реального світу призводять до таких дурниць: намагання пофарбувати стіни будівлі шляхом вміщення у відро з фарбою вибухівки. Ще важливіші – закони логіки, викривлення яких вкоротило життя певній кількості людей. Всі вони стають в чергу на отримання премії Дарвіна.

Прикладів нехтування режисерами законів фізики і логіки безліч. Наприклад, в космічних війнах майбутнього кораблі наносять удари лазерними променями, в той час як удавана доступність термоядерного синтезу дає можливість розробити компактні бомби, які знищать корабель за одне влучання. Та і вибух близько до корпусу призведе до виходу судна з ладу. Бомба вагою в десятки кілограмів може бути доставлена ракетою або вистрілена з гармати. І щодо гармат: в деяких фільмах, наприклад "Зоряний шлях" 2009 р. вони не застосовуються взагалі. Хоч жодний електронний щит не захистить від болванки, розігнаної до сотень метрів за секунду. Кораблі обстрілюють один одного торпедами, які в подальшому і в більшій кількості легко знищуються лазером. (ДАТИ МАЛ2).

У "Зоряних війнах" ми бачимо, як два космічні крейсери з близької відстані обстрілюють один одного снарядами, аналогічними таким часів Другої Світової війни: з гільзами і вибухівкою. Якщо це будуть металеві болванки, то викидатимуться вони з електричної гармати під дією електро-магнітного поля: більша швидкість, менша віддача, економія простору. Можна звичайно заперечити, що електрична гармата для бойових дій непридатна, бо пошкодження кабелів живлення є типовим для корабля, наскрізь продірявленого болванками. А цілком механічна гармата зіпсується тільки при прямому влучанні в неї. Однак швидше за все використовуватиметься тактична атомна чи воднева зброя. Це можуть бути ракети з боєголовками, які розділяються чи одиночні снаряди. Але війна майбутнього зведеться до обстрілювання такими снарядами з великої відстані (десятки-тисячі кілометрів). Для захисту від обстрілу ракети і снаряди виявлятимуться за допомогою радарів і знищуватимуться ще на середині шляху лазером і ракетами, а на ближчих (до 10 км) – протиракетною автоматичною зброєю з високою щільністю стрільби, керованою комп'ютером. Влучання болванки призведе до пробивання кількох відсіків з подальшою розгерметизацією, а вибух водневої бомби на близькій відстані – до зменшення вогневої потужності, а через кілька секунд – наступного влучання, яке і буде останнім. Корабель просто розірве на шматки. Командир не буде розмірковувати і віддавати наказ про відкриття вогню підлеглим, а ті в свою чергу іншим підрозділам, бо затримка на секунду може призвести до загибелі всього корабля. Цілі будуть визначені за першої ж можливості і відслідковуватимуться, комп'ютер за заданою програмою стрілятиме по них і саме командир натисне кнопку "Вогонь". Фахівці лише корегуватимуть його, затверджуватимуть цілі, пропоновані комп'ютером, прийматимуть рішення про відступ, евакуацію тощо. Місток бойового

крейсера із "Зоряних війн" не розташовуватиметься в передній частині корабля, де в нього може влучити снаряд, а в центральній, найменш досяжній і захищеній іншими відсіками і обладнанням.

Також нереальною здається поведінка термінатора T-1000. Він то порівняно повільно наближається до Джона Коннора, то швидко біжить за машиною чи мотоциклом. В той час як бойова програма вимагала б високої швидкодії і історія Джона Коннора закінчилася би не пізніше кількох хвилин після першого оптичного контакту.

Навряд чи термінатору T-800 під час його обстрілу групою захоплення не влучили би в око, пошкодивши камеру. Адже десяток чоловік випустили кожний куль по 30. Чому T-800 зміг на мотоциклі влучити в замок паркану з дробовика, в той час як йому не вдалося пошкодити в автомобіль з утікачами з автомата. Реакція бойової машини з потужним процесором буде фактично моментальною, а стрільба буде точною і з мінімальним часом прицілювання. Він би не цілився в Сару Коннор кілька секунд, все би скінчилось в півсекунди. Можна простежити, як працює принтер. Він же не друкує важливі сторінки повільніше, а чорновики швидко. Вистріл по цілі – така ж задача, як і наближення до неї.

У фільмі Аватар вогнепальна зброя не може пробити кісткову броню тварини, в той час як запросто пробиває сантиметрову сталь. Судячи за розміром, це крупнокаліберна автоматична зброя. Навіщо її видали охоронцям, якщо вона не може рознести тварину на шматки. Танатор схопив пащею розжарений ствол автомата відразу після стрільби і вирвав його з рук аватара. Останній так і не зміг влучити в танатора. Шестилапі тварини більше характерні для планети з високою гравітацією, ніж з низькою.

Невідомо, за рахунок якої сили роботи-мисливці літають у "Матриці". Магнітне поле дійсно може піднімати предмети, але кількості електрики, здатної освітити невелике місто, достатньо, щоб підняти лише павука! Інопланетяни з їх високими технологіями не можуть так просто прорахуватися (фільми "Битва за Лос-Анджелес", "День незалежності", "Ковбої проти пришельців" тощо). Реальне автомобільне переслідування закінчується досить швидко, що часто показують у вечірніх новинах. Невідомо куди дівається речовина, яку випарував лазерний промінь під час "Подорожі до центру Землі". Не будуть інопланетяни блукати в лісі під час автокатастрофи і лякати людей ("Нічне небо" або "Night Skies", 2007). У фільмі "Район номер 9" тіло одного з інопланетян уतिकане свічками запалювання від автомобіля (Мал. 1). Невідомо, яка сила рухає механізми в "Трансформерах" і як вони, втрачаючи добру половину запчастин, ще можуть функціонувати? В роботах немає гідравлічних, пневмо чи електроприводів, найменшого натяку на троси чи проводи: деталі самі собою обертаються на шарнірах.



Рис. 1. Інопланетянин з фільму Район № 9. З його тіла стирчать шматки арматури і автомобільні свічки запалювання

У фільмі "День незалежності" двом людям вдалось пробратись на космічний корабель інопланетян і завантажити в головний комп'ютер вірус. Невже в останніх встановлена операційна система Windows XP? Віруси розробляються під конкретну ОС чи їх групу, тому вірус для XP взагалі не запуститься під Linux, MacOS, Solaris, BeOS, Android чи Windows Mobile. Та і не може бути на бойовому космічному кораблі інопланетян такий же безлад, як у голові режисерів таких фільмів. Їх поразка можлива тільки у випадку такої ж невідповідності осіб займаним посадам.

Фільми, де роботи світять очима, інопланетяни говорять англійською, люди з якихось причин набувають неймовірних фізичних властивостей автор взагалі не розглядав. Їх перегляд у фізика, математика чи кібернетика може викликати тільки роздратування.

В „Матриці” неодноразово автомобіль прошивають кулі від автомата і жодна з них не потрапляє ні у важливу деталь, ні в людей. В реальності перша черга стає останньою, механізми легко пошкодити, а дії інопланетян малопомітні, як польоти шнеків (стержнів) [32]. Політ зі швидкістю світла теоретично доступний, але надзвичайно дорогий. Розгін корабля до світлової швидкості вимагає стільки енергії, скільки міститься у самому кораблі за умови, що весь його вміст використовується для термоядерного синтезу (ДАТИ ПОСИЛ НА ПРИСКОРЮВАЧ). Стиснути простір за допомогою гравітації теж можливо, але де взяти таку масу? А магнітне поле такої щільності отримати неможливо, інакше весь метал на кораблі перетвориться на порошок. Саме тому шнеки літають не за допомогою гравітаційного чи електромагнітного поля, антигравітації, реактивної тяги від термоядерного синтезу, а за допомогою крилець, розташованих вздовж осі стержня. Це найбільш економічно і технічно доцільний спосіб руху в повітрі. А подорож до зірок з високою імовірністю здійснюється на кораблі покоління, а не посудині з ділітєвою камерою. І про явище кавітації ніхто з режисерів мабуть не чув. Єдиний реалістичний фільм

про інопланетне вторгнення – це "Село проклятих" (Village of the Damned). І тільки через повну відсутність техніки.

Висновки. Метою спецефектів є досягнення результату з якомога меншими витратами. Тому в кіновиробництві використовують по можливості двовимірні ефекти і монтаж, а не тривимірні. Ефекти дають можливість втілити на екрані те, що принципово не можна одержати іншими методами. Введення спецефектів перетворює фільм на більш видовищний і глядач отримує сильні емоції від перегляду. Також комп'ютерна графіка усуває небезпеку для життя і здоров'я учасників зйомки. Застосування й введення високоякісних спецефектів, легкість обробки й остаточного монтажу кадрів значно розширило можливості кінематографа, одночасно істотно поліпшивши якість екранного показу. В недалекому майбутньому може відбутися перехід на нову систему виробництва кіно за участю лише тривимірної графіки [22].

Перспективи дослідження. Комп'ютерне середовище позбавлене законів фізики і логіки. Виробництво тривимірних ефектів відбувається з ігноруванням фізики, математики, логіки, географії і біології. Тому важливою складовою підготовки кіновиробників мають стати технічні науки.

На сьогодні спецефекти приваблюють глядачів. Чим більше спецефектів, тим більші касові збори за перші 2 дні показу фільма. Але основою фільму був і залишається сюжет, він повинен мати глибокий філософський зміст. А вже засоби передачі останнього залишаються на вибір режисера. В реальному житті ми не бачимо спецефектів, саме тому останні не повинні бути помітними і передача змісту має здійснюватись простими засобами.

Література

4. Електронна стаття: "Как снимали спецэффекты в фильме "Властелин колец"". – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://net.compulenta.ru/24291/>
5. Сайт фільму "Потерянная планета". – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vek21petrov.narod.ru/>
6. Гарри Поттер и Кубок огня: спецэффекты в фильме. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://gizmod.ru/2006/08/05/garri_potter_i_kubok_ognja_spetseffekty_v_filme/
7. Как снимался "Терминатор 2" <http://www.kino-mira.ru/za-kulisami-kino/1000-kak-snimalsya-terminator2.html>
8. Как снимали Титаник <http://www.blockvideo.ru/vfx/kak-snimali/kak-snimali-2-titanik.html>
9. Молодой Шерлок Холмс http://en.wikipedia.org/wiki/Young_Sherlock_Holmes
10. Терминатор 2: Компьютерные спецэффекты в фильме

11. Чувахин Н. Хочу спецэффекты!
12. <http://www.tomshardware.com/reviews/render-farm-node,2340.html>
13. Спецэффекты и компьютерная графика в кинематографе - Форум журнала «Мир фантастики».htm
14. Спецэффекты впереди воображения
15. ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС ВО ВСЕЛЕННУЮ СПЕЦЭФФЕКТОВ
17. Как снимали Терминатор 2.
18. "Звёздные войны". Компьютерные спецэффекты в фильме.
19. Звёздный десант . Компьютерные спецэффекты в фильме.
20. Да здравствуют спецэффекты!
21. История развития спецэффектов.
- 22.
23. Как делают кино – 2012
- 24 Компьютерные спецэффекты в кинематографе.htm
25. СПЕЦЭФФЕКТЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ФАНТАСТИЧЕСКИХ ФИЛЬМАХ
26. «Звездные войны» как зеркало компьютерной революции в кино
27. Википедія Спецефект.
28. [http://en.wikipedia.org/wiki/John_Carter_\(film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/John_Carter_(film))
29. <http://www.kinopoisk.ru/level/1/film/185281/>
30. [http://en.wikipedia.org/wiki/Transformers_\(film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Transformers_(film))
31. <http://en.wikipedia.org/wiki/IMAX>
32. "Ставропольская правда", 16.04.2004, Ставрополь, п82-83, стр.7 По небу стержни пролетали

А. В. Орещенко

Резюме

Розглянуто історію розвитку класичних спецефектів. Охарактеризовано перехід до використання комп'ютерів у кіновиробництві. Викладено історію використання комп'ютерних спецефектів, описано деякі технологічні особливості їх створення. Зазначено перехід до фільмів, створених виключно засобами тривимірної графіки і анімації. Приділено увагу відповідності явищ і подій, зображених у спецефектах, законам фізики і логіки.

Ключові слова: фільм, спецефект, тривимірна графіка, анімація, фізика.

А. В. Орещенко

Резюме

Рассмотрена история развития классических спецэффектов. Охарактеризован переход к использованию компьютеров в кинопроизводстве. Изложена история использования компьютерных спецэффектов, описаны некоторые технологические особенности их создания. Указан переход к фильмам, созданным исключительно средствами трехмерной графики и анимации. Уделено внимание соответствию явлений и событий, изображенных в спецэффектах, законам физики и логики.

A. Oreshchenko

Summary

There is considered the history of classic special effects. The transition to using of computers in cinema production is characterized. There is stated the history of computer special effects using, there is described some technological peculiarities of its creating. The transition to films created exclusively by means of computer graphics and animation is pointed. The attention is given to correspondence of phenomena and events, visualized in special effects to physical and logical laws.

Орещенко Андрій Васильович – інженер другої категорії лабораторії Картографії та геоінформатики кафедри геодезії та картографії Київського національного університету імені Тараса Шевченка;
тел. 044-521-32-93, e-mail: logograd@ukr.net
098-456-90-20, 095-311-69-98.