

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПЛАВНОГО РУХУ В ЦИФРОВІЙ АНІМАЦІЇ

У сучасному цифровому середовищі анімація є важливим засобом візуальної комунікації, що широко застосовується в мультимедійних проєктах, web-інтерфейсах, відеоконтенті та інтерактивних системах. Якість анімаційного руху безпосередньо впливає на сприйняття контенту глядачем, його емоційну залученість та відчуття професійності цифрового продукту. Саме тому принципи побудови плавного руху набувають особливої актуальності, адже вони забезпечують реалістичність, безперервність і природність анімації незалежно від її складності.

Плавність руху в цифровій анімації досягається поєднанням технічних прийомів та фізичних принципів, що імітують реальну динаміку об'єктів. В основі лежать закони руху та інерції: об'єкти не починають рух раптово та не зупиняються миттєво, адже в реальній фізиці для зміни швидкості потрібна дія сили. Враховується маса та інертність: важчі предмети розганяються й гальмують повільніше, тоді як легкі реагують швидше. Наприклад, під час кидка м'яча він поступово набирає швидкість під дією сили тяжіння та сповільнюється на піку траєкторії, що відповідає законам фізики й виглядає природно.

Важливу роль у створенні плавного руху відіграє принцип безперервності. Для уникнення різких зупинок та «мертвих» фаз застосовується прийом *follow through* – продовження руху другорядних елементів (одягу, волосся, хвоста тощо) після завершення основного руху об'єкта. Це забезпечує плавний перехід між фазами руху та підсилює природність сцени, адже в реальності окремі частини тіла чи об'єкта рухаються з невеликою затримкою. Завдяки такому підходу навіть вигаданий персонаж виглядає переконливо: його рух сприймається глядачем як живий і реалістичний [1].

Сучасна комп'ютерна анімація базується на методі ключових кадрів та інтерполяції. Аніматор задає ключові позиції об'єкта, а програма автоматично обчислює проміжні положення між ними. Така інтерполяція створює міжкадровий рух, що економить час порівняно з покадровим малюванням. Тип інтерполяції визначає характер руху: лінійна інтерполяція задає рівномірну швидкість, яка може здаватися механічною, тоді як криві руху (сплайни або криві Безьє) дозволяють налаштувати прискорення та уповільнення. В анімаційних редакторах криві швидкості на часовій шкалі дають можливість плавно змінювати темп руху: замість різких стрибків об'єкт поступово розганяється або сповільнюється. Саме тут застосовуються

принципи *easing* – керування прискоренням і гальмуванням. Типовими режимами є: *ease-in* (плавний розгін на початку руху), *ease-out* (плавне гальмування наприкінці) та *ease-in-out* (поєднання розгону та гальмування) [2]. Поступове прискорення на початку руху та уповільнення під час зупинки забезпечують м'яку, інтуїтивно зрозумілу анімацію, підвищуючи її реалістичність та комфортність для сприйняття.

Не менш важливим чинником є сприйняття глядачем безперервності та природності руху. Людський мозок обробляє серію кадрів як плавний рух, якщо зміни достатньо малі й частота кадрів достатня. Згідно з особливостями зору, щоб уникнути помітного сіпання зображення, потрібно приблизно 12-16 кадрів на секунду (у кінематографі стандарт 24 кадри/с) [3]. Коли анімація відповідає цій частоті та побудована за законами природного руху, глядач сприймає її як безперервну і реалістичну. Плавне пришвидшення і сповільнення рухів, відсутність різких ривків і пауз формують відчуття безшовності: рух виглядає ніби живий, а не зібраний із окремих кадрів. Природність руху означає, що траєкторії мають округлість (об'єкти найчастіше рухаються по дузі, а не ідеально прямолінійно), а швидкість змінюється плавно, як у реальному житті. Якщо всі ці принципи дотримані, навіть проста сцена створює переконливу ілюзію безперервного руху [1].

Таким чином, комплексне застосування фізичних принципів руху, методів інтерполяції ключових кадрів, керування *easing*-кривими та врахування особливостей зорового сприйняття забезпечує плавність руху в цифровій анімації. Саме ця сукупність чинників робить анімаційний рух виразним, переконливим і комфортним для сприйняття, що є необхідною умовою створення якісних мультимедійних продуктів.

Список літератури

1. Вільямс, Р. (2019). Анімація: Посібник з виживання. Київ: ArtHuss.
2. Бронат, Д. Що повинен знати та вміти веб-дизайнер в анімаціях?. [Online]. Available: <https://wezom.academy/ua/animatsija-v-veb-dizajne-cto-dolzhen-znat-i-umet-veb-dizajner/#:~:text=Easing%20,пояснити%20таку%20характеристику%20як%20плавність>.
3. Дейнеко, Ж.В., Зелений, О.П., & Криворучко, М.О. (2025). Технічні та творчі аспекти комп'ютерної анімації. Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Сучасні тренди: колективна монографія. Т. 2. (с. 71-94). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид». DOI: <https://doi.org/10.30837/PMW.2025.T2.071>
Науковий керівник: к.т.н., доцент Дейнеко Ж.В.