

Яценко А.С., Дзікевич А.В., студенти;

наукові керівники Овчарек В.Є., доц., Слітюк О.О., доц.

Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ГОЛОГРАМ

Анотація. В роботі розглянуті питання, пов'язані з проблемами застосування голограм в різних галузях науки та техніки, розглянуто принцип їх роботи, а також можливості використання цієї новітньої технології у повсякденному житті. Виявлено приклади успішного використання голографії в культурно масових заходах та в освітньому процесі. Було запропоновано різні можливості вдосконалення навчального процесу для подальшого зацікавлення учнів та студентів. Наведено опис проектів, реалізація яких потребує ще чималих досліджень в галузі цифрової голографії і які могли б значно урізноманітнити життя суспільства.

Ключові слова: голограма; лазер; освіта; нові технології; 3D-моделювання.

Yatsenko A.S., Dzikovych A.V.; scientific supervisors: Ovcharek V.Ye., Sliutiuk O.O.

Kyiv National University of Technologies and Design

RESEARCH OF FEATURES OF HOLOGRAM USE

Abstract. In this work deals with issues related to the use of holograms in various fields of science and technology, the principle of their work, as well as the possibility of using this latest technology in everyday life. Examples of successful use of holography in cultural events and in the educational process are revealed. Various opportunities were proposed to improve the educational process for further interest of pupils and students. There is a description of projects, the implementation of which requires considerable research in the field of digital holography and which could significantly diversify the life of society.

Keywords: hologram; laser; education; new technologies; 3D modeling.

Вступ. З розвитком технологій з'являються нові можливості удосконалення повсякденного життя. Саме поява таких можливостей підштовхує нас до чогось нового, такого, що зовсім недавно ще здавалося лише фантастикою. Саме так і сталося з трьохвимірною візуалізацією дійсності. Одним з найрозвинутіших їх видів є голографія, яка в процесі еволюції перетворилася з власне оптичної науки в окрему галузь інформаційних технологій. Проблеми та перспективи її розвитку є актуальними і залишатимуться таким в найближчому майбутньому.

На сьогоднішній день багато вчених вивчають можливості голографії. Дослідники з Великої Британії розробили технологію, яка дозволяє створювати реалістичні голограми, які можна побачити неозброєним оком, почути і навіть відчутти без систем візуальної реальності [1]. Не відстають і українські вчені, які займається розробкою першого в світі гаджету для показу голограм, який буде орієнтований на масовий ринок.

Хоча голографія і розвивається, але її рівень ще недостатній для масового впровадження у повсякденне життя суспільства. Проблемаю являється відсутність можливості генерувати голограми в режимі реального часу, тому що жоден процесор у світі ще не в змозі впоратися з візуалізацією такого великого потоку інформації

Постановка завдання (формулювання мети дослідження). Метою даної роботи є дослідження поняття голографія, особливостей застосування голографії в сучасному світі та пошук прикладів використання цієї технології

Результати досліджень. Ще досить нещодавно ми вважали фантастикою 3D-принтери чи плазмові екрани телевізорів. Але наука невтомно нас дивує практично щодня. Розробкою голограмних дисплеїв, тобто таких, на яких можна переглядати об'ємне відео, почали ще від початку двохтисячних, і уже на порозі 10-х рр. це перестало

виглядати далеким майбутнім та недосяжною фантастикою. Близько 10–15 років назад у наше життя увійшла технологія стереоскопічного зображення, яке можна було переглядати у відеорежимі за допомогою спеціальних 3D-окулярів. Далі – телебачення, яке стало між етапним процесом у створенні чіткого голограмного зображення, яке буде об’ємним під різними ракурсами. Кілька років тому популярним приладом для так званої псевдоголограми стала спеціальна майже прозора плівка, яку необхідно було підвісити до стелі та спроектувати на неї зображення. Під визначеними кутами контури сітки були невидимі, то ж фактично для глядача досягалося враження завислої у повітрі картинки. Приблизно тоді ж у розробку голограмного відео увірвався туман, з якого вчені вирішили формувати зображення. Такі голограми можна створювати тільки у закритому приміщенні, адже мінімальний порив вітру рознесе туман і він втратить форму зображення. Також особливим досягненням цієї техніки було те, що вона стала інтерактивною – глядачі могли самі проводити пальцями та змінювати форму “туманної моделі”. Для цього типу створення і моделювання голограм застосовувався і спеціалізований екран, і проектор. Перший портативний голограмний дисплей з’явився у 2012 році. На сьогодні світу відомо чотири технології створення голограм: лазер, електроголограма, паралакс та MEMS. Голограма створена за допомогою лазера – найдавніша і найбільш популярна технологія. В якості джерела світла застосовується лазер, який потім відбивається на записуючій пристрої. Частина лазера також світить на вибрану ділянку дисплея. Електроголограма – створюється за допомогою спеціального дисплея, який передає дані про збережені зображення за допомогою електромагнітного резонатора. Від базових електроголографічних дисплеїв відрізняються підвищеною чіткістю зображення та глибиною кольору. Повний паралакс – за рахунок якості зображення з усіх ракурсів найчастіше використовується на концертах та у кінематографі. Повний паралакс складається з вертикального та горизонтального паралаксів – англійською VPO HPO (vertical parallax only та horizontal parallax only). Це складові паралаксу, із застосуванням лише однієї з них голограма забезпечує доставлення оптичної інформації лише у двох вимірах. MEMS – дана технологія дозволяє голографічним дисплеям включати дуже маленькі рухомі частини у свою конструкцію [2]. Новою розробкою вчених став фемтосекундний лазер (рис. 1), який генерує імпульси світла, тривалістю 30-279 фемтосекунд, квадрильйон часток секунди, установка DNG здатна відтворювати голограми, до яких можна доторкнутися і відчути цей дотик. Вона проектує до 200 тисяч точок в секунду, при цьому, кожна точка, вексель, випромінює світло, завдяки плазмі, що виходить завдяки іонізації повітря енергією променя лазерного світла. Коли людина торкається вокселей, вона відчуває щось на зразок дотику до поверхні наждачного паперу. Це відчуття виникає через те, що плазма тисне на поверхню шкіри пальців.

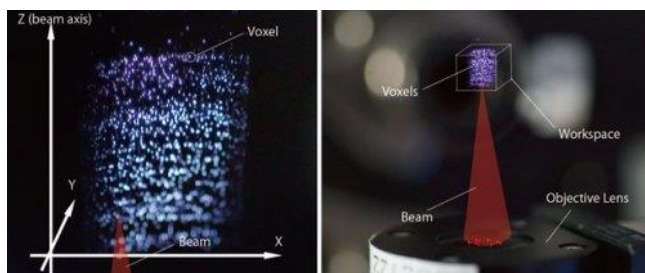


Рис. 1. Фемтосекундний лазер

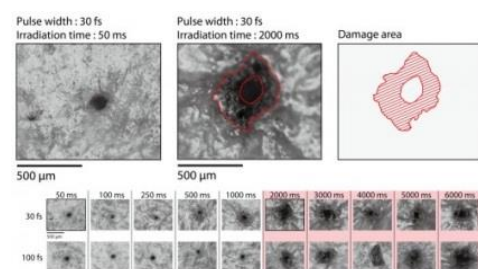


Рис. 2. Принцип роботи лазера

Слід зазначити, що установка DNG є не першою спробою використання фемтосекундних лазерів для створення векселів з іонізованої плазми. Але створені

раніше установки не забезпечували настільки високої швидкодії, роздільної здатності й могли завдати пошкодження шкірі людини при контакті з голограмою. Оскільки фемтосекундні лазери працюють з величезним швидкодією, то стало можливим відстеження рухів людини, який намагається торкнутися голограми й при наближенні пальців людини до області голограми лазер перекладається в безпечний режим роботи, що трохи знижує яскравість голограми. Проте, щільності створюваної ним плазми ще досить для того, щоб людина відчула почуття дотику (рис. 2). Ключем до "безпеки" таких голограм стало обмеження часу безперервної роботи лазера в одній певній точці простору. При проведенні тестів системи, дослідники з'ясували, що при тривалому впливі, від однієї до двох секунд, енергія світла лазера наносила пошкодження, випалюючи верхні шари шкіри людини. Однак, при тривалості впливу від 50 мілісекунд до 1 секунди шкіра встигала охолонути і залишалася неушкодженою. Голографічна установка DNG є лише першим дослідним зразком, що демонструє працездатність закладених в нього ідей і принципів. Далі дослідники будуть працювати над тим, щоб зробити більшою робочу область установки, яка поки що обмежується можливостями єдиного оптичного модулятора. Сам фемтосекундний лазер здатний видавати безперервно до 7 Ватт потужності, але в установці DNG, робочий об'єм якої дорівнює всього 1 кубічному сантиметрі, використовується тільки 1 Ватт потужності лазера. І використання декількох оптичних модуляторів або одного модулятора з великими можливостями дозволить використовувати повну потужність лазера для створення голографічних зображень великих розмірів [3]. В Університеті Аризони група вчених, під керівництвом доктора Насера Пейгамбаріана змогла здійснити прорив в області голографічного зображення. Дослідникам вдалося створити перший тривимірний дисплей, оснащений пам'яттю. Перезапис інформації, яку він показує, здійснюється поки протягом декількох хвилин. Головне завдання команди розробників на цей момент – створити такий пристрій, щоб він міг показувати зображення, що змінюється кілька разів на секунду. Так що поки, за словами Пейгамбаріана, прототип не можна використовувати як 3D-дисплей. Але сам факт того, що це можливо і працює – у наявності. Поза сумнівом, що таким чином людство зробило ще один значний крок у розробці телевізійного дисплея. Вочевидь голограми, що виводяться на дисплей, попередньо прораховуються. Але ось саме проблема, пов'язана з рендерингом анімованих голограм високої якості в режимі реального часу, дотепер і не вирішена. Голограма – це набір точок, у кожній з яких міститься частинка інформації про певну область реального предмета (як у звичайній фотографії). Всередині голограми відображена інтерференційна картина якоїсь області простору, в якій знаходився об'єкт. При просвічуванні голограми (або відображенні від неї) ми побачимо те світло, що відбивалося б від відображеного на ній об'єкта. В кожному «пікселі» голограми міститься інформація про весь об'єкт відразу. Таким чином під час рендерингу голограми для кожної точки треба прорахувати картину інтерференції всього об'єкту. (При звичайному рендерингу фільму прораховується кожен піксель, не звертаючи уваги на всі інші.) Неважко здогадатися, що це заняття вимагає величезних обчислювальних потужностей. Для рендерингу в реальному часі необхідно використовувати дуже потужні кластери [4].

У дизайні та мистецтві велику роль можуть відігравати голограми. Наприклад, для виведення графічного зображення. Художні виставки вийдуть на новий рівень, тепер для того, щоб показати свою роботу світу достатньо буде її просто спроектувати на будівлі або у повітрі. Також це дасть новий поштовх у дизайні інтер'єру. Тільки уявіть собі що ви можете спроектувати у повітрі будь-яку річ яку ви забажаєте. Будь то камін у вітальній або чарівні джунглі з різними тваринами у спальні вашої дитини. Людина зможе вдосконалити дизайн виставкового стенда створюючи дивовижні презентації

свого продукти для покупців. Так Університет ИТМО і музей Фаберже створили голографічні копії деяких яєць з колекції. А в травні 2017 року музеї мадам Тюссо встановили першу голограму – образ німецького відеоблогера Бьянкі «Бібі» Хайніке. У Музеї історії працює електронний екскурсовод, яка зустрічає гостей. У Єврейському музеї Москви можна взяти участь у традиційній трапезі з голографією єврейської сім'ї або відвідати весілля. А в ярославському Центрі імені Валентини Терешкової відвідувачі можуть побачити змодельовану галактику [6].

Голографічний підхід в освіті заснований на ефекті формування «об'ємних уявлень і знань» про досліджуваній об'єкт, предмет або явище. На основі знань, показаних викладачем, учні можуть сформувати свої «об'ємні» уявлення і знання про об'єкт навчання, підкріплюючи їх особисто придбаним життєвим досвідом. При цьому стає зрозумілим, як працює голографічний метод в освіті: педагог зосереджує підсвідомість учня на чомусь конкретному, змушуючи його відкинути все зайве в цей момент і повністю зосередитися на конкретну тему. Таким чином, голографічний метод навчання дозволяє отримати досить різнобічні й глибокі знання, які може отримати той, якого навчають по конкретній темі. Ефективність навчання можна істотно підвищити, а час – заощадити, якщо за допомогою голографічних технологій давати інформацію для навчання і пізнання. Голограма як спосіб передачі «об'ємних даних» – це, перш за все, багат шарова варіація зображення, кожен шар якої відображає світло по-своєму. На даний момент голограми створюються на спеціальних склах, фотоплівках. По суті, на даному етапі розвитку голографії, голограма – це об'ємна фотографія об'єкта. Голограми у вигляді проекції на даний момент існують, але застосовуються поки переважно в наукових цілях. При зміні кута огляду змінюється і та частина об'єкта, яку ми бачимо пластині, тобто голограма дозволяє нам побачити об'єкт повністю як ніби він знаходиться безпосередньо перед нами.

У голограм є ряд особливостей, які роблять їх незамінним інструментом в процесі навчання:

1. Можливість «клонування» зображення без втрат при фрагментації голограми. Якщо розбити голограму на частини, то в кожній з частин буде видно все зображення цілком без втрат будь-яких його фрагментів. При цьому зводиться до мінімуму можливість втрати об'єкта вивчення, тому що кожна, навіть сама дрібна частина голограми буде відтворювати об'єкт цілком, але, на жаль, вже не так чітко, як було в первісному стані.

2. Швидкість створення. Стандартний час витримки для об'єкта, голограму якого ми хочемо зробити – 1 секунда, однак, деякі голограми, зроблені за допомогою імпульсного лазера, піддаються впливу світла всього на 12 наносекунд. Пройшовши не складний процес прояви фотоматеріалу, формується вже готова голограма. Залежно від складності проекту на створення голограми йде від хвилини до 5 годин. За короткий проміжок часу можна відтворити цілу галерею картин, різні експонати музею Великої Вітчизняної війни і т.п. Але для створення голограм потрібно дороге обладнання.

3. Інтерактивність, відчуття присутності. Уже в 2009 році в Японії створили перші «відчутні» голограми, з якими людина може безпосередньо взаємодіяти, що надає ефект «присутності». Завдяки цьому з інформацією, яку надає педагог, людина повністю перемикається на об'єкт дослідження, максимально активується його вітагенний спосіб набуття досвіду в процесі вивчення об'єкта. Для прикладу: раніше при зіткненні з об'єктом наприклад рукою, вона просто проходила крізь голографічний об'єкт. Так, учень міг побачити предмет вивчення, почути про нього, але деяким, для максимального сприйняття і запам'ятовування даних про об'єкт його потрібно помацати. Так голограми підходять для навчання представників основних трьох типів сприйняття інформації з навколишнього світу візуалам, аудіалам і кінестетикам.

4. Створення різних презентацій за допомогою анімованих голограм, створених з декількох статичних. Це сприяє процесу викладу матеріалу стати більш інформативним на основі інформації з «живими» прикладами і більшому залученню уваги до практичного аспекту теми презентації. При цьому процес передачі даних від лектора до слухачів стає більш захоплюючим, змістовним і плідним. Перспективи застосування голографічних технологій в освіті пов'язані з можливостями створення спеціальних 3D-шоломів, забезпечують створення проєкцій досліджуваних об'єктів, процесів і явищ в режимі реального часу з повним відчуттям безпосереднього віртуальної присутності. Створювані при цьому голограми дозволяють формувати власний досвід в учнів. Наприклад, в процесі освітньої підготовки біологів або лікарів замість проведення лекції з неминучим умертвінням тварин, використання голографічних технологій дозволить візуально змодельовати «реальних» тварин, їх внутрішню будову, процеси життєдіяльності. При підготовці фізиків-ядерників голографічні технології дозволять відтворити процеси, що відбуваються в активній зоні ядерного реактора, динаміку термоядерних реакцій в уповільненому режимі, наслідки впливу іонізуючої радіації на об'єкти живої і неживої природи. На основі голографічних технологій можуть бути створені інформаційні бібліотеки – сховища візуалізованими моделей функціональної поведінки біологічних моделей, біохімічних і генетичних систем, клітин, тканин, органів і організмів, а також їх популяцій і окремих компонентів біосфери. У медицині голографічні технології спільно з методами медичної візуалізації можуть дозволити моделювати і заздалегідь прогнозувати наслідки хірургічних втручань.

Не менш захоплюючі перспективи відкриваються в інших галузях науки і соціальної практики, включаючи такі, як: астрономія (створення проєкцій різних всесвітів, процесів створення нових зірок, планет, вибухи зірок по закінченню їх життєвого циклу і т.п.); фізика (проєкція явищ мікросвіту, проведення експериментів квантової фізики і т.п.); біологія (голографічна проєкція явищ мікросвіту, взаємодії бактерій, вірусів, білків один з одним, відтворення їх впливу на стан здоров'я людини); фізична культура і спорт (підготовка до чемпіонатів таких ігор як бейсбол, фрісбі та ін.); філологія і лінгвістика (голографічні образи букв, слів, знаків пунктуації); література (відтворення оповідань, віршів у вигляді проєкцій з зачитуванням матеріалу за допомогою прийомів «голографічного кіно»); технологія (голографічні проєкції креслень безпосередньо на виготовлення деталі, наприклад, якщо необхідно виготовити об'єкт складної конфігурації, то голограма дозволить змодельовати образ цієї конфігурації при обробці заготовки за допомогою обробних центрів або верстатів з програмним числовим управлінням); основи безпеки життєдіяльності (наочні демонстрації ситуацій надання першої допомоги, аварійних ситуацій і способів їх ліквідації); історія (реконструкція історичних подій і ландшафтів на той чи інший проміжок часу), географія (реконструкція ландшафтів, взаємодія з ними) [5]. Завдяки можливостям голографії процес навчання можна зробити максимально пізнавальним і захоплюючим. Вочевидь, найбільшим успіхом голографічні технології та прийоми навчання можуть користуватися у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку. Однак, методи фізичної голографії дозволять посилити ефективність голографічного педагогічного підходу і підвищити результативність навчання не тільки молодших, а й старших школярів, а також студентів. Інтеграція методів фізичної голографії і голографічного підходу в освіті дозволить сформувати повну картину про вивчення об'єктів, процеси або явища, а також принципово розширити і вдосконалити процес придбання власного виваженого досвіду учнями. На основі інтеграції методів фізичної голографії і голографічного підходу в педагогіці можуть бути створені голографічні освітні технології, що володіють величезним дидактичним і виховним потенціалом. Але всупереч своїм перевагам, голограми також мають і свої недоліки. Хоча голограми

мають великий простір для підвищення залученості учнів, вони також можуть зробити абсолютно протилежне. Що-небудь блискуче та нове, як голограмна гарнітура, обов'язково викликає цікавість у студентів, які прагнуть дослідити, на що здатна голографічна технологія. Студенти можуть відволіктися цією новинкою і мало замислюватися над тим, що насправді мають навчитися, замість того, щоб застрягти у власній віртуальній реальності. розміри досліджуваного об'єкта обмежені розміром поля огляду об'єктива. Більші деформації призводять до утворення нерозрізнювальної інтерференційної структури [7–8]. У 2015 році нобелівський лауреат і професор фізики в Стенфордському університеті Карл Віман виступив в Нанкінському технологічному університеті (Сінгапур), не покидаючи США. Професор НТУ зазначив, що таким чином викладачі світового рівня можуть одночасно виступати в різних частинах світу і охопити ширшу аудиторію, не витрачаючи час на перельоти. У такий самий спосіб була проведена лекція в Гавайському університеті, яка дістала назву HoloCampus (рис. 3). Це спеціальна система віддаленого навчання, побудована на голографічній комунікації. Реалізація проекту стала можливою завдяки прокладеному по морському дну від Нової Зеландії через Австралію і Американське Самоа до Гаваїв 67-терабітних оптоволоконному кабелю, довжина якого становить 15 тисяч кілометрів.



Рис. 3. HoloCampus



Рис. 4. Голографічний зоопарк

На Петербурзькому міжнародному економічному форумі НДУ «Вища школа економіки» створив для гостей заходу лекторій, в якому виступали голографічні проєкції вчених університету. Викладачі розповідали про «розумні» міста, сучасні медіа і майбутнє планети. Раніше стало відомо, що в цьому вузі відмовляться від традиційних лекцій і замінять їх онлайн-курсами. Повний перехід планується здійснити до 2022 року. Ректор вузу повідомив, що зараз йде запис лекцій. Через два-три роки студентам стануть доступні близько 300 онлайн-курсів. Він додав, що на лекції в середньому ходить не більше 15–17% всіх учнів, тому кожен з викладачів може один раз записати свій матеріал на відео, після чого йому залишиться тільки взаємодіяти зі студентами. В інших вузах також планують замінити лекції онлайн-курсами. Міністерство науки та вищої освіти запустить проект в декількох установах вищої школи, щоб порівняти ефективність традиційної форми навчання та освітніх моделей в онлайн-форматі [9].

Висновки. Для розвитку методів зображувальної голографії необхідно вирішувати цілий комплекс науково-технологічних проблем. Тим не менше, важливою залишається також проблема фінансових інвестицій в оптичну галузь, яка в останні десятиліття перейшла на новий рубіж розвитку – комп'ютерний. Саме вдосконалення обчислювальних алгоритмів і дослідження нових технологічних властивостей цифрових засобів обробки інформації є чи не єдиним шляхом досягнення успіху в розвитку комп'ютерної зображувальної голографії на найближче майбутнє. Застосування

обчислювальних структур, заснованих на новітніх нейронних технологіях і які мають розгалужену паралельну архітектуру, дозволяє розраховувати, що найближчим часом буде можливим ефективно управління тривимірним візуальним середовищем у віртуальному просторі й що будуть створені достатньо комфортні умови для зорового сприйняття систем віртуальної реальності, це також стане великим кроком для вдосконалення навчання та покращення рівня знань серед учнів.

Список використаної літератури

1. Голографія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=25436.
2. Голограма: ефекти майбутнього стали сьогоднішнім. Holus, Vimeo та голограмні шоу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://epoch.net/uk/blog/golograma-efekti-maybutnogo-stali-sogodennyam-holus-vimeo-ta-gologramni-shou>.
3. Лазерна голограма, яку можна помацати [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.waykun.com/articles/lazerna-golograma-jaku-mozhna-pomacati.php>.
4. Голодюк Д. А. Застосування методу голографії для тривимірного представлення віртуальної реальності: перспективи розвитку: наук. робота / Д. А. Голодюк // Наукові нотатки: міжвузівський збірник. – Луцьк, 2010. – Вип. 27. – С. 55–57.
5. Симкин А. Д. Возможности и перспективы применения голографических технологий в образовании: наук. робота / А. Д. Симкин // Сборник работ 70-ой научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета (15–18 мая 2013 г., Минск): В 3 ч. – Ч. 1. – Минск: Белорус. гос. ун-т, 2013. – С. 444–448.
6. Когда голограммы войдут в повседневную жизнь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/future/26828-kogda-gologrammy-voydut-v-povsednevnyu-zhizn>.
7. The pros and cons of holographic teachers. Retrieved from: <https://www.goodschools.com.au/insights/education-updates/the-pros-and-cons-of-holographic-teachers>.
8. 3.5 Advantages and Disadvantages of Holographic Interferometry. Retrieved from: http://www.holografia.wz.cz/holography/Advantages_and_Disadvantages_of_Holographic_Interferometry.php.
9. Лекции переносят в онлайн-аудиторию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3758336>.