

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Пояснювальна записка

до магістерської роботи
на ступінь вищої освіти магістр

на тему: «**Дослідження інформаційних технологій 3D моделювання з
адаптацією в VR/AR**»

Виконав: студент 6 курсу, групи ІСДМ-61
спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
освітня програма «Інформаційні системи та технології»
(шифр і назва спеціальності)

_____ Квас Л.О. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Бондарчук А.П. _____
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Чорна В.М. _____
(прізвище та ініціали)

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти - «Магістр»

Спеціальність підготовки 126 Комп'ютерні науки та інформаційні технології

Освітня програма «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСТ

_____ К.П.Сторчак

“___” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Квас Лев Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження інформаційних технологій 3D моделювання з адаптацією в VR/AR» _____

Керівник роботи: Бондарчук Андрій Петрович, директор Навчально-наукового інституту ІТ.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вхідні дані до роботи :

1. Науково-технічна література

2. Існуючі програми для 3D

3. Готові методики для роботи з 3D моделюванням, 3D друком та іншим

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Сфери застосування та перспективи 3D в VR/AR.

2. Сфери застосування та перспективи 3D в 3d друку.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Пояснювальна записка

2. Постановка завдання

3. Історія VR/AR та 3D друку

4. Застосування VR/AR та 3D друку у сучасному світі

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури		
2	Вивчення матеріалів для подальшої взаємодії з ними		
3	Огляд протоколів передачі даних		
4	Визначення технічного завдання		
5	Розробка сценарію взаємодії		
6	Розробка бібліотеки		
7	Вступ, висновки, реферат		
8	Розробка демонстраційних матеріалів		
9	Попередній захист роботи		

Студент _____ Квас Л.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Бондарчук А.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської роботи 80 с., 59 рис., 4 джерела.

Об'єкт дослідження: інформаційні технології 3D моделювання з адаптацією в VR/AR

Предмет дослідження: процеси створення технології 3D моделювання з адаптацією в VR/AR та 3D друку

Мета роботи: дослідити перспективи технології 3D моделювання з адаптацією в VR/AR та 3D друку.

Методи дослідження: методи теорії інформації, методи практичного застосування, методи дослідження попиту на світовому ринку ІТ технологій з 3D моделювання з адаптацією в VR/AR та 3D друку.

У даній магістерській роботі досліджено історію появи віртуальної реальності та 3D друку.

Проаналізовано методи створення віртуальної реальності та 3D друку.

Проведено огляд застосування VR/AR та 3D друку у сучасному суспільстві.

На базі отриманих даних було визначено симбіоз VR та 3D друку

Галузь використання: Промисловість, ІТ, кіноіндустрія, навчання, архітектура, військова та інші...

ЗМІСТ

Вступ	8 с.
1. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСТОРІЇ ПОЯВИ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ТА 3D ДРУКУ	11 с.
1.1 Коротка історія розвитку технології віртуальної реальності	11 с.
1.2 Коротка історія появи 3D-друку	18 с.
2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ТА 3D ДРУКУ	22 с.
2.1 3D моделювання для AR	22 с.
2.2 Які фактори впливають на вартість 3D-моделювання	24 с.
2.3 Безконтактне 3D сканування	27 с.
2.4 Анімація графіки	29 с.
2.5 Створення віртуальних прототипів продуктів	32 с.
3. Застосування VR/AR та 3D друку у сучасному суспільстві.....	34 с.
3.1 Симбіоз VR та 3D друку	34 с.
3.2 AR та 3D-друк в архітектурі	47 с.
3.3 VR в освіті	50 с.
3.4 Технології AR/VR у військовій промисловості	60с.
3.5 3D-друк конструкційними пластиками та металами у військовій промисловості	72 с.
ВИСНОВКИ	82 с.
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	83 с.
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	84 с.

ВСТУП

Поняття «штучної реальності» наприкінці шістдесятих років минулого століття запровадив Майрон Крюгер – американський комп'ютерний художник. Потім у 1989 році вчений у галузі візуалізації даних та біометричних технологій, а також філософ та футуролог Ярон Ланьєр запропонував інший термін – «віртуальна реальність». Саме він зрештою і прижився.

Все почалося з величезних зображень. Інтерес до них вперше вдягнувся в якусь конкретну форму в середині XIX століття. Від найпростішого щілинного стереоскопа Елліота у 1829 році та дводзеркальної конструкції Чарльза Вінстона у 1832-му до подібності перших стереоскопічних окулярів Девіда Брюстера в 1849-му і трохи елегантнішим окулярам Холмса-Бейтса зразка 1860-их.



Рисунок 1.1 – Стереоскоп Чарльза Вінстона

У перші стереоскопічні пристрої під різними кутами поміщали два однакові плоскі зображення, а мозок людини сприймав це як тривимірну картинку.

Потім почали використовувати світлонепроникний короб, стереопари фотографій та призматичні лінзи. Пізніше вдалося зробити конструкцію ще простішою та полегшеною: без короба, тільки з призматичними окулярами та стереопарами.



Рисунок 1.2 – Стереоскоп Девіда Брюстера

Охочих подивитися на «об'ємні» картинки було багато, тож у 1880-х з'явився фотопластикон Августа Фурманна. Пристрій дозволяв демонструвати стереоскопічні зображення невеликій групі глядачів (24-25 чоловік) одночасно.



Рисунок 1.3 – Фотопластикон Августа Фурманна

Йшов час, і ось у 1957 році американський винахідник і кінематографіст Мортон Хейліг створив пристрій Sensorama, що дозволяє бачити динамічне тривимірне зображення, по суті, перший у світі віртуальний симулятор. Саме «Сенсорама» започаткувала розвиток VR-технологій, а Мортон Хейліга прозвали за цей винахід «батьком віртуальної реальності».

Віртуальна реальність отримала новий виток розвитку, коли її почали використовувати не тільки для ігор, кіно та анімації, але й для навчання, виробництва, продажу та навіть сільського господарства. Перш ніж обговорити сьогодення та поміркувати про майбутнє VR-технологій, ми вирішили згадати минуле. Про історію походження віртуальної реальності розповідає керівник проектів компанії IBS AppLine – Воденєєв Денис.

Тема віртуальної та доповненої реальності є хайповою досить давно. Багато хто з «поколінь «Пепсі» пам'ятає чудовий фільм Бретта Леонарда «Газонокосильник». Чимало людей захоплювалися фільмом «Трон», та й «Матриця» з неповторним Кіану, яка увійшла, на мою думку, в історію, є класикою жанру утопії.

Про фантастичну літературу взагалі мовчу. У жанрі кіберпанк віртуальна реальність сприймається як спосіб спілкування людини з «кіберпростором» — певним середовищем взаємодії людей і машин, що створюється в комп'ютерних мережах.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСТОРІЇ ПОЯВИ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ТА 3D ДРУКУ

1.1 Коротка історія розвитку технології віртуальної реальності

Протягом тривалого часу віртуальна реальність розвивалася лише у бік науково-фантастичної концепції. Потім, після того, як технологія перестала виглядати однією лише фантазією, вчені, винахідники і футурологи почали розуміти, що об'єднання головних уборів з обладнанням може транспортувати людину в нові світи, залишаючи ноги в реальному.

З випуском Oculus Rift, Microsoft HoloLens і HTC Vive, здається, настав ідеальний час поглянути в минуле віртуальної реальності.

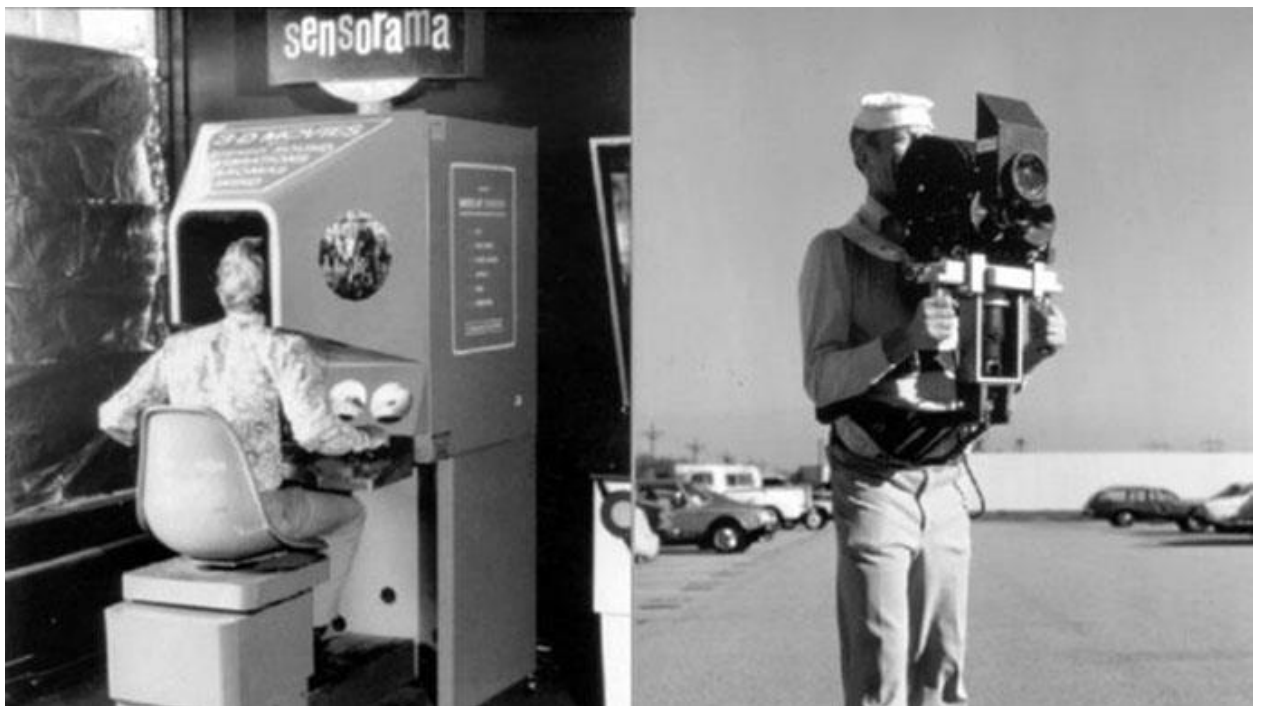


Рисунок 1.4 – 1956: Sensorama - 3D-дисплеї

На перший погляд пристрій був схожий на якесь медичне обладнання, але насправді це була одна з перших спроб відгородитися від реального світу і потрапити

до іншого всесвіту. Sensorama мала стереозвук, 3D-дисплей, невеликий генератор і навіть посадкове місце, яке вібрало, коли того вимагало те, що відбувається на екрані. Це було кінематографічне дітище Morton Heilig, який підготував шість короткометражних фільмів, включаючи «Побачення із Сабіною» та «Я Пляшка Кока-Коли».



Рисунок 1.5 – 1961: Headsight - начальник стеження

Пристрій, який незабаром отримає повсюдне застосування, починало своє життя як надсекретний військовий проект. Інженери корпорації Philco звели в одному шоломі відеоекран із базовою системою відстеження та пов'язали все для SSTV. Основна мета Headsigh полягала в тому, щоб віддалено спостерігати ситуації, які надто небезпечні, щоб бути в безпосередній близькості від них.



Рисунок 1.6 – 1966: GAF Viewmaster Master - стереоскопічний 3D

Знаковий червоний стереоскоп об'єднував кілька відмінностей один від одного зображення однієї і тієї ж сцени, що дозволяють створити єдине 3D-зображення. Пристрій першим дав тепер знайоме кожному відчуття занурення в інший світ.

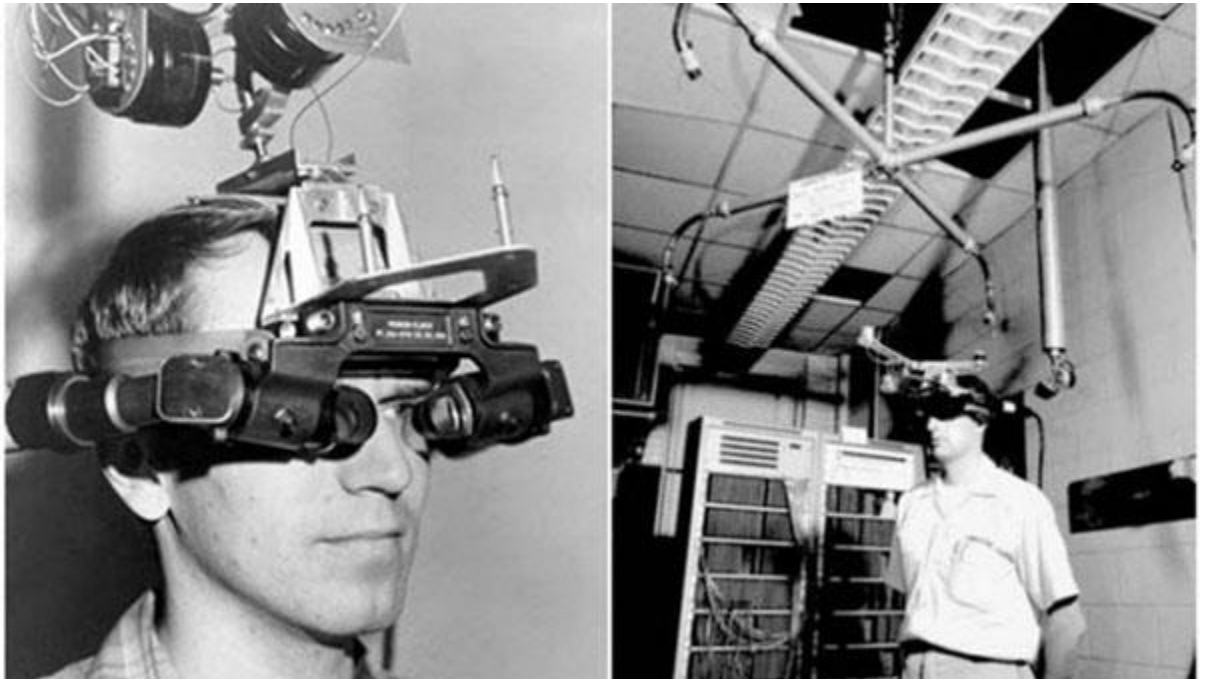


Рисунок 1.7 – 1968: Sword of Damocles - AR графіка

Також відоме як система пересувного дисплея (HMD). Це був перший досвід Лінкольнівської лабораторії Массачусетського технологічного інституту та передбачала накладання геометричної сітки на зір користувача. Це була перша система, здатна замінити камеру з комп'ютером. Складність полягала в тому, що всі складові системи були настільки важкими, що пристрій повинен був бути підвішений до стелі на механічну руку.



Рисунок 1.8 – 1980: Eye Tap - мініатюризація

Стів Манн створив громіздкий рюкзак-комп'ютер, підключений до шолом-камери та видошукача. Манн запряг розщеплювач променя, щоб демонструвати сцену як користувачу, і комп'ютеру, підключеному до камери, що дозволяло робити накладання даних у часі. Хоча реальність Манна була доповненою, а не віртуальною, його наступні прототипи Eye Tap показали, що віртуальні технології не обов'язково мають бути громіздкими та неприродними.



Рисунок 1.9 – 1984: RB2 - контролери First VR

RB2 була першою комерційною системою VR і включала рукавички, що дозволяють користувачам крутити і перевертати віртуальні об'єкти, які з'являлися на дисплеї EyePhone. Весь комплект коштував \$100000, хоч був і бюджетний варіант за \$50000.



Рисунок 1.10 – 1985: NASA - РК-оптика та головка стеження

Протягом останніх чотирьох десятиліть Космічне агентство відіграло важливу роль у розробці VR, комбінуючи світлодіоди, рідкокристалічні дисплеї та ширококутну оптику, що дозволяють створити гарний ефект віртуальної реальності. Тоді ж у 80-ті вперше з'явилися технології відстеження, створені зусиллями приватних компаній.



Рисунок 1.11 – 1993: SEGA VR - VR ігрової консолі

Японська компанія першою дебютувала з ігровою консоллю у форматі віртуальної реальності. На жаль, реакція на SEGA-платформу була не кращою: стверджували, що досвід був занадто реальним і гравці могли легко травмувати себе. Проект був законсервований.



Рисунок 1.12 – 1995: CAVE - Кілька користувачів

CAVE (автоматичне віртуальне середовище) використовували стереоскопічні РК-затворні окуляри і настінні проекції, що дозволяють створювати тривимірну сцену, через яку користувач міг би пройти. Технологію було розроблено студентами Університету штату Іллінойс. Їм вдалося створити легкі VR-окуляри, більше схожі на ті, що виробляють сьогодні. Новаторство CAVE полягало ще й у тому, що у віртуальному просторі могли бути одночасно кілька користувачів.

CAVE (автоматичне віртуальне середовище) використовували стереоскопічні РК-затворні окуляри і настінні проекції, що дозволяють створювати тривимірну сцену, через яку користувач міг би пройти. Технологію було розроблено студентами Університету штату Іллінойс. Їм вдалося створити легкі VR-окуляри, більше схожі на ті, що виробляють сьогодні. Новаторство CAVE полягало ще й у тому, що у віртуальному просторі могли бути одночасно кілька користувачів.

Потужний розвиток VR індустрії відкрив можливості для розвитку нових напрямків як 3д друк.

1.2 Коротка історія появи 3D-друку

3D друк з'явився на світ 40 років тому і відкрив чудові можливості для створення різних моделей у прототипуванні, стоматології, дрібносерійному виробництві, кастомізованих продуктів, мініатюр, скульптур, макетів та багато іншого.

Хто ж винайшов 3D-принтер? Яка технологія 3D-друку була спочатку? І що надрукували на 3D-принтері насамперед? Відкриємо завісу таємниці над безліччю цікавих фактів та історій про появу технології.

Доктор муніципального промислового дослідницького інституту в Нагоя, Хідео Кодама, подав заявку на реєстрацію патенту на пристрій, який за допомогою УФ-засвітки пошарово формував жорсткий об'єкт із фотополімерної смоли.

По суті він описав сучасний фотополімерний принтер, проте не зміг протягом року, як того вимагало патентне право, надати необхідні дані для реєстрації патенту і закинув ідею. Проте у багатьох джерелах саме його називають винахідником технології 3D-друку.

У 1983 році троє інженерів - Ален Ле Мехо, Олів'є де Вітт та Жан-Клод Андре з французького національного центру наукових досліджень, у спробі створити те, що вони називали «фрактальним об'єктом», дійшли ідеї використання лазера і мономеру, який під впливом лазера перетворювався на полімер. Заявку на патент вони подали за три тижні до американця Чака Хала. Першим об'єктом, створеним на апараті, стали гвинтові сходи. Технологію інженери назвали стереолітографією, а патент був схвалений лише 1986 року. Завдяки їм найвідоміший формат файлу для 3D-друку і називається STL (від англ. stereolithography). На жаль, інститут не розглянув перспектив у винаході та його комерціалізації, і патент не був використаний для створення кінцевого продукту.

У той самий час Чак Халл працював у компанії, яка робила покриття для стільниць та меблів за допомогою ультрафіолетових ламп. Виробництво невеликих пластмасових деталей для прототипування нових конструкцій виробів тривало до

двох місяців. Чаку спала на думку ідея прискорити цей процес поєднавши УФ технологію та розміщення тонкого пластику пошарово. У компанії йому виділили невелику лабораторію для експериментів, де він працював вечорами та вихідними. Як матеріал Чак використовував твердіють під впливом ультрафіолету фотополімери на акриловій основі. Якось уночі після місяців експериментів він зміг нарешті надрукувати зразок і був настільки покритий удачею, що пішов додому пішки. Чак показав свій винахід дружині. Це була чашка для промивання ока, більше схожа на чашу для причастя, на думку дружини. Вона і вважається офіційно першою 3D-друкарською моделлю у світі і, як і раніше, зберігається в сім'ї Халл, а після їх смерті буде передана до Смітсонівського науково-дослідного інституту у Вашингтоні.

Чак Халл подав патентну заявку 8 серпня 1984 року, і 11 березня 1986 року вона була схвалена. Винахід отримав назву «Апарат для створення тривимірних об'єктів за допомогою стереолітографії». Чак заснував свою компанію - 3D Systems, і в 1988 випустив на ринок перший комерційний 3D-принтер - модель SL1.

Ще один новий спосіб 3D-друку з'явився приблизно в той же час, що і SLA-друк. Це селективне лазерне спікання SLS, при якому лазер використовується для перетворення сипучого порошку (замість смоли) на твердий матеріал. Розробкою займалися Карл Декард, молодий студент бакалавра в Техаському університеті в Остіні, та його викладач, професор, доктор Джо Біман. Ідея належала Карлу. В 1987 вони разом заснували корпорацію Desk Top Manufacturing (DTM) Corp. Однак пройде ще не менше 20 років, поки SLS 3D-друк стане комерційно доступним споживачеві. 2001 року компанію викупив Чака Халл, 3D Systems.

Дивно, але більш простий та дешевий спосіб 3D-друку - FDM (Fused Deposition Modelling) був створений після SLA та SLS у 1988 році. Його автором став авіаційний інженер Скотт Крамп. Крамп шукав простий спосіб створення іграшкової жаби для своєї дочки і використав гарячий клейовий пістолет: розплавив пластик і розлив його по шарах. Так народилася ідея FDM 3D-друку, технології пошарового наплавлення пластиком нитки. Крамп запатентував нову ідею і став співзасновником Stratasys

разом зі своєю дружиною Лізою Крамп у 1989 році. У 1992 році вони випустили на ринок свій перший серійний продукт – Stratasys 3D Modeler.

Перші створювані 3D Systems і Stratasys агрегати були громіздкими та дорогими. Вартість одного становила сотні тисяч доларів, і використовувати їх могли лише найбільші компанії автомобільної та аерокосмічної галузі. Принтери мали багато обмежень і не могли широко застосовуватися. Розвиток технології йшов дуже повільно. Через 20 років, в 2005 році з'явився проект RepRap (Replicating Rapid Prototyper) - механізм, що самовідтворюється, для швидкого виготовлення прототипів.

Його ідейним натхненником був доктор Едріан Бауер з Університету Бата у Великій Британії. Метою проекту було самокопіювання, відтворення компонентів самих 3D-принтерів. На фотографії усі пластикові деталі «дитини» надруковані на «батьку». Але фактично група ентузіастів на чолі з Едріаном нарешті змогла створити бюджетний 3D-принтер для домашнього або офісного використання.

Ідею швидко підхопили троє техногиків із Нью-Йорка та відкрили компанію з виробництва настільних FDM принтерів – MakerBot. Цей і став другим поворотним моментом у сучасній історії 3D-друку.

Паралельно йшли розробки інших технологій. У тому числі можна назвати біопринтинг. Томас Боланд з Клемсонського Університету запатентував використання струминного друку для 3D-друку живих клітин, що уможливило друк людських органів у майбутньому. Дослідження у цій галузі ведуть десятки компаній у всьому світі.

Ще одним важливим способом застосування нової технології стало створення протезів, спочатку звичайних, а потім і біонічних. У 2008 році перший надрукований протез був успішно трансплантований пацієнтові та дозволив йому повернутися до нормального способу життя.

Ще одним важливим етапом стала поява в Інтернеті файлів друку з відкритим вихідним кодом. Сайти www.thingiverse.com, www.myminifactory.com та багато інших

містять як безкоштовні, так і платні файли для 3D-друку. Користувачі діляться моделями в інтернеті та друкують їх самостійно.

В останні роки 3D-друк став доступним масовому споживачеві: ціни на принтери значно скоротилися, а їх використання стало зручнішим. Фотополімерні 3D-принтери друкують деталізовані моделі з високою точністю та роздільною здатністю. Кількість користувачів зростає у тому числі за рахунок величезної спільноти ентузіастів, які готові прийти на допомогу новачкам. Цьому сприяє наявність готових файлів для 3D-друку і доступність програмного забезпечення для створення моделей.

3D-друк стає вже стандартним рішенням у таких галузях як стоматологія, ювелірна справа, ортопедія, в інших галузях впровадження йде повним ходом. Перспективи нескінченні - від будівництва будинків до нейрохірургії, від друку шоколадом до друку металом.

2. 3D моделювання для VR/AR і 3D печатки

2.1 3D моделювання для AR

Сьогодні технології доповненої реальності (augmented reality) доступні вже всім, у кого є смартфон, або планшет з доступом в інтернет. Взаємодіяти з AR контентом дуже просто. У повсякденному житті ми з легкістю приміряємо в Instagram або Snapchat AR б'юті-маски, або вивчаємо тварин за допомогою різних сервісів AR, наприклад, від google; в Ікеа купуємо нові меблі, попередньо приміряючи новий диван у себе в кімнаті за допомогою AR, обертаючи, вивчаємо фурнітуру або оббивку задньої стінки дивана в реальному часі.

Але звідки з'являється вміст доповненої дійсності? Із чого складається вартість створення 3D? Сьогодні поговоримо про важливу частину його створення: 3D-моделювання та анімація 3D-об'єктів.

Завдяки доповненій реальності стало можливим візуалізувати 3D об'єкти, розглядаючи їх з усіх боків та в будь-якому розмірі, чи це AR-логотип на візитівці, чи здоровий повнорозмірний AR-літак, який можна легко обертати.

3D-візуалізація дозволяє створювати моделі як для реально існуючих, так і не існуючих об'єктів. Для створення AR-проектів, у тому числі й у браузері, знадобляться відповідні інструменти.

Для досягнення ефекту реалістичності моделі повинні бути якісними, точними, з достатньою кількістю полігонів і мати добре опрацьовані текстури.

На першому етапі 3D моделювання проводиться збір інформації: відмінно буде, якщо ви зможете надати референси: бажані образи на ескізах, кресленнях, фотографіях або відеороликах, навіть на малюнках, часто використовують готовий зразок виробу - загалом, все, що допоможе зрозуміти зовнішній вигляд та структуру об'єкта.

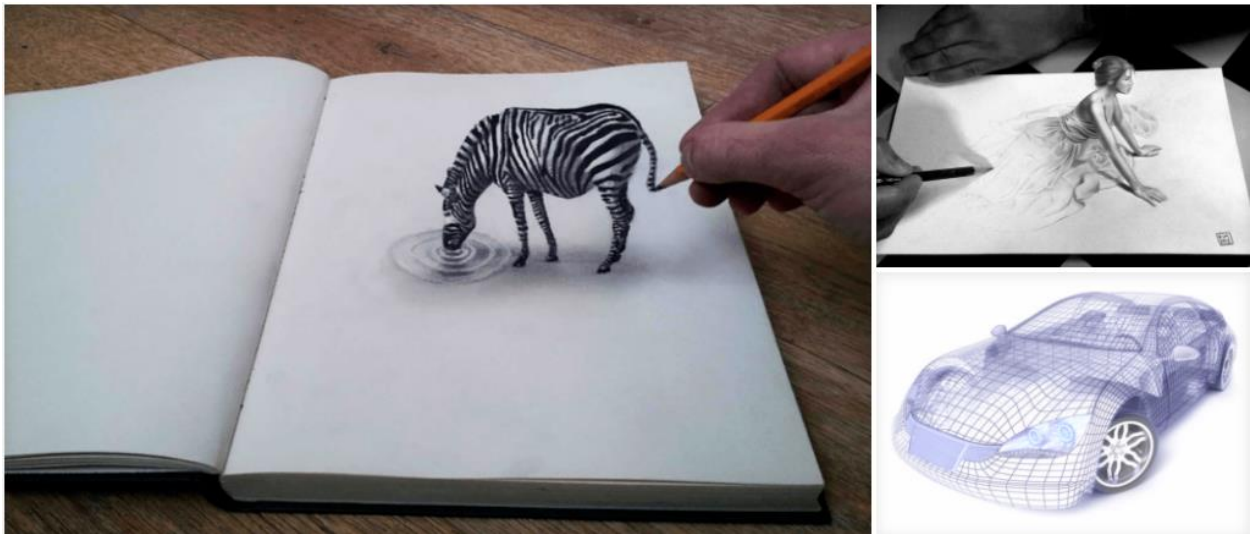


Рисунок 2.1 – референси

- моделювання — створення тривимірної моделі сцени та об'єктів у ній;
- текстурування – призначення поверхонь моделей растрових або процедурних текстур. Ці параметри впливають на те, як буде відображатися модель;
- освітлення — встановлення та налаштування джерел світла;
- анімація (у деяких випадках) – надання руху об'єктам;
- динамічна симуляція (у деяких випадках) — автоматичний розрахунок взаємодії частинок, твердих/м'яких тіл тощо з модельованими силами гравітації, вітру, виштовхування та ін., а також один з одним;
- рендеринг (візуалізація) – побудова проекції відповідно до обраної фізичної моделі;
- композитинг (компонування) - доопрацювання зображення;
- виведення отриманого зображення на пристрій виводу — дисплей та багато іншого.

2.2 Які фактори впливають на вартість 3D-моделювання

По-перше, це правоволодіння інтелектуальною власністю.

Інше – терміни. Вони визначаються виходячи зі складності та якості 3D моделі. На практиці зазвичай довше за годину йде узгодження проекту 3D моделі, ніж її створення. Якщо потрібно швидше, то ціна відповідно збільшується за оперативність.

Функціональність – анімація чи статика. При обговоренні цього моменту варто подумати, чи потрібна анімація для вашої 3D моделі, оскільки це додатковий час і ціна, яка досить добре збільшується. Анімація потрібна для красивих презентацій, простих механізмів та поживлення персонажів.

Постпроектний супровід виробництва — означає, що виконавець зобов'язується вносити зміни та корективи після затвердження та прийняття 3D моделі за окрему плату (передбачено договором або у додатковій угоді).

Рівень і кількість фахівців, що залучаються. Робота 3D моделера відбувається у тісному зв'язку з художниками за текстурами, 3D аніматорами та іншими професіями, пов'язаними з тривимірною графікою. Вони мають 3 градації Junior, Middle, Senior.

За годину чи обсяг. В основному компанії-розробники оцінюють свою роботу в годинах. Є середньостатистичний час на проектування 3D моделі базового елемента, є обсяг годинника на проект — ціна.

Метод моделювання. Програмне моделювання з нуля, або одна оптимізація вже готової або стоковий вектор, або 3D-сканування реальних об'єктів. І тут варто враховувати види моделей.

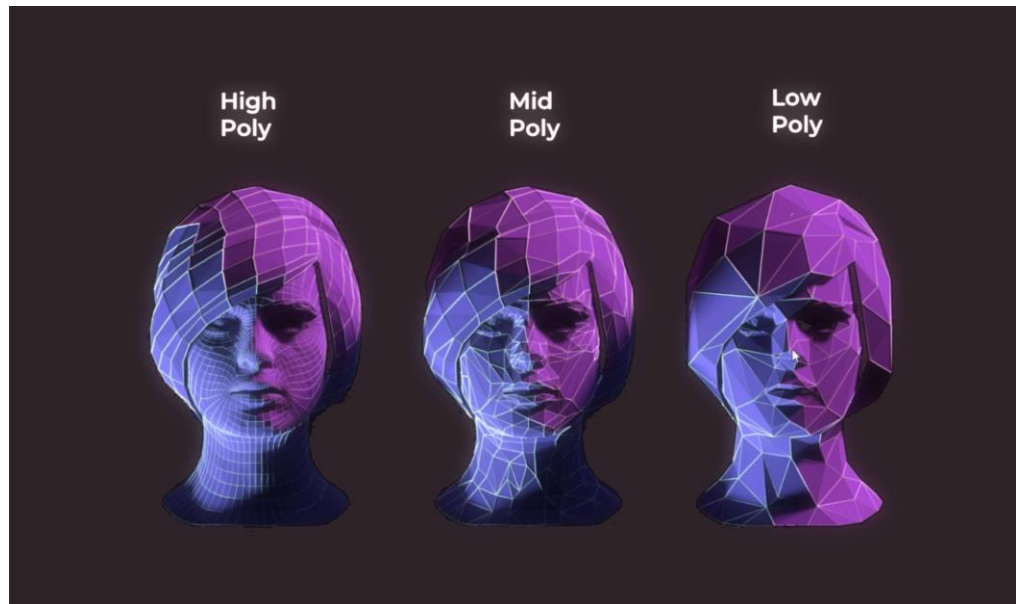


Рисунок 2.2 – Види 3D моделей

Низькополігональне моделювання (Low-Poly).

Призначено для створення об'єктів з невеликою кількістю полігонів, як правило, для економії ресурсів, коли не потрібна висока деталізація, а також для створення низькополігональних ілюстрацій, які набирають великої популярності останнім часом.



Рисунок 2.3 – Low-Poly

Середньополігональне моделювання (Mid-Poly)

Орієнтовано, як правило, тільки на необхідний результат при рендерингу, тобто при моделюванні потрібної геометрії, наприклад, із застосуванням булевих операцій; над полігональною сіткою ніякі роботи з її оптимізації не виробляють, або мінімальні.



Рисунок 2.4 – Mid-Poly

Високополігональне моделювання (High-Poly)

Являє собою створення об'єкта з великою кількістю полігонів, як правило, точної його копії.



Рисунок 2.5 – High-Poly

Також можна використовувати вже готові ассети зі сторонніх бібліотек – від реалістичних до мультфільмів, від фентезі до наукової фантастики – знайдуться 3D об'єкти для будь-яких цілей.

Частіше такі об'єкти вже повністю текстуровані і налаштовані, тому їх можна відразу використовувати у своїх творчих проектах. Це дозволяє заощадити бюджет і скоротити час на розробку, тому що ассети продають уже в готовому вигляді, але варто враховувати, що такі об'єкти є не унікальною розробкою, адже продаж доступний абсолютно всім.

І все одно так чи інакше, навіть найякісніші 3D моделі потрібно спеціально адаптувати під AR середовище, або вони вимагають додаткового налаштування під клієнта - буває необхідність писати свої рішення, наприклад, кодувати унікальні продукти, що виконують дії, необхідні Замовнику. Все це займає ліву частку часу від 10-20 годин на одну модель. Така оптимізація моделей може обійтися вам в середньому 500-700 \$ за модель.

2.3 Безконтактне 3D сканування

В некоторых случаях изделия обладают сложной формой, что затрудняет создание модели вручную, например, моделирование рекламируемой продукции и создание каталогов, или это должна быть точная копия человека и создана в сжатые сроки. В таких случаях мы предлагаем Заказчику метод моделирования — 3D сканирования.

3D сканирование – это создание цифровой поверхностной копии объекта, путем сканирования оптическим измерительным прибором.



Рисунок 2.6 – Безконтактне 3D сканування

Технологія 3D сканування одна - відкидається маска (шаблон) на поверхню об'єкта. За викривленням маски на поверхні програмне забезпечення визначає його геометрію.

3D сканер фіксує (захоплює) об'єкт чи людину. Потім він передає отримані дані в спеціальне програмне забезпечення для 3D моделювання, де отриману 3D модель можна редагувати або змінювати її розмір в CAD додатках.

Це означає, що все, що ми бачимо в повсякденному житті, можна відсканувати і надрукувати, чи це невеликий предмет, наприклад прикраса, або великий предмет, наприклад автомобіль.

Структуроване світло саме по собі точніше, але є обмеження кольору поверхні. Чорні чи блискучі об'єкти сканувати з його допомогою складно. У лазерному 3D скануванні можна працювати з будь-якими поверхнями з будь-якою текстурою, але точність уступається точності структурованого світла і не підходить для сканування людей і тварин, оскільки це може призвести до пошкодження очей. Фотограмметрія може бути хорошим вибором, але ця технологія вимагає, щоб об'єкт залишався абсолютно нерухомим.

Результатом роботи 3D сканера стає або хмара точок або полігональна модель.

Вартість залежить від складності геометрії, ступеня точності відображення, габаритів конкретного виробу та складається індивідуально для кожного проекту.

2.4 Анімація графіки

3D-анімація – це процес створення рухомих зображень у тривимірному цифровому середовищі. Шляхом ретельного маніпулювання об'єктами (3D-моделями) у 3D програмному забезпеченні можна експортувати послідовності зображень, що створюють ілюзію руху (анімацію) залежно від того, як маніпулюють об'єктами.

Необхідно враховувати, що вартість тривимірної графіки істотно дорожча за двомірну. Але якщо знайти правильне співвідношення між ефектністю, зручністю використання та ціною, вона стає вражаючим інструментом у створенні реклами.

Замість малювання персонажа або створення його з глини в 3D анімації об'єкт створюється у цифровій формі, при цьому передбачає характерну поведінку об'єктів.

Наприклад, щоб оживити персонажа спершу в рух наводиться скелет, потім задіяна міміка, мова, волосся та тканина. Герої у кадрі поводяться природно, якщо комбінувати ці види анімації, таким чином персонажі літають, бігають, стрибають, стріляють і можуть робити все, що тільки замовник може собі уявити.

Припустимо, що герой за сценарієм робить дію, яке в реальному житті він не в змозі виконати за фізичними законами, але при цьому потрібно, щоб глядач повірив у те, що відбувається на екрані, і відчув, так само як і людина, яка це створила. Людське око може вловити кожну дрібницю і мікрорух у кадрі, але частина отриманої інформації йде на рівні підсвідомості.

На анімацію 2D графіки не потрібно багато часу, порівняно з графікою в 3D, на неї може піти в середньому від 8 годин на розробку (з готовими вихідними даними), відповідно і цінова категорія набагато нижча.

У 3D, крім анімації персонажів бувають динамічні симуляції, це будь-які рідини, тканини, частинки та ін., а також деформація об'єктів та їх технічні процеси – переміщення, обертання, масштабування та анімація камер. У кожній з перерахованих вище областей існують різні способи створення (отримання) тривимірної анімації. Ми можемо звести їх до наступних:

1. Анімація з траєкторії

Вимагає, крім об'єкта, який анімуватиметься, обов'язково задати і його траєкторію (шлях руху). Анімація по траєкторії дуже часто ідеально підходить для анімації технічних об'єктів, що рухаються, анімації камер і анімація технічних процесів. Досить копітка праця, яка оцінюється від 500 \$.

2. Створення анімації за динамічних симуляцій

Процес прорахунку поведінки об'єкта за умов фізично реального довкілля. Наприклад, всі ми знаємо, що якщо скляний келих впаде на підлогу, то швидше за все він розіб'ється на безліч уламків. Це для нас звично, і всі ми це розуміємо. Але тривимірне середовище не знає який об'єкт повинен мати ті чи інші властивості. Для того, щоб кожен об'єкт поведився так, як це відбувається в нашому світі, використовуються динамічні симуляції, які дуже часто використовуються для розрахунку поведінки рідин, тканин, твердих і м'яких об'єктів. Середня вартість починається від 600 \$.

3. Реалістична анімація, одержана методом захоплення руху (motion capture)

Для отримання анімації даним способом потрібна спеціально обладнана студія з обладнанням для захоплення руху, актор, з якого анімація захоплюватиметься спеціальне ПЗ.

Система захоплення руху працює так: на актора надягають спеціальні датчики, після чого він виконує потрібні анімаційні рухи; камери навколо актора фіксують переміщення датчиків; ПЗ аналізуючи рухи датчиків створює скелет з такою ж анімацією, як і у реального актора і зберігає результат у вигляді ключових кадрів. Отриману анімацію тепер можна використовувати в пакетах тривимірної графіки.

Ця технологія дорога, але дозволяє отримувати дуже реалістичну анімацію. В основному вона застосовується для анімації персонажів і її ціна починається в середньому від 810 \$.

4. Ручна анімація

Створюється для мультяшних персонажів, для зйомки мальованої мультиплікації виготовляється послідовний ряд картинок, що зображують чергову фазу руху об'єктів, що знімаються. Таку анімацію роблять, малюючи на прозорій плівці (або кальці) кожен окремий кадр. Потім ці кадри збирають у спеціальній програмі монтажу. Така анімація дуже жива, плавна, просторова, але дорога. Вартість від 690 \$.

5. Лицьова анімація

Особа складається з двох кісток та 21 м'язи, які пов'язані між собою. Кожна емоція - це комбінація різних станів всіх м'язів, які не просто скорочуються, а й розширюються під час руху. Щоб зробити хорошу анімацію, потрібно попрацювати докладно вручну, і така анімація коштує також недешево. Вартість починається від 530 \$.

У чому полягає мистецтво аніматора. Створення 3D анімації на замовлення це копітка праця. Крім суто технічних навичок та знань також важливим є сприйняття аніматора. Неможливо зробити якісну 3D графіку, якщо не відчувати рух. Тут потрібно образне мислення та уяву.

А крім того, моделери дуже сильно діляться на персонажів і на hard surface, на художників по оточенню, і художників по зброї, в окремих випадках художники по оточенню поділяються на тих, хто займається рослинами та рештою.

А щоб заощадити час і бюджет, можна підібрати відповідну готову анімацію зі сторонніх бібліотек. Вартість оптимізації починається від 490 \$.

Деякі способи застосування доповненої реальності з 3D, які можуть принести користь вашому бізнесу.

2.5 Створення віртуальних прототипів продуктів

В епоху нових технологій замість того, щоб платити за виготовлення фізичного зразка продукції, тільки для того, щоб отримати уявлення про те, як він виглядатиме з усіх боків і як він працюватиме ви можете використати доповнену реальність – створити модель продукту та внести необхідні зміни, Перш ніж платити за його виробництво. Створення моделі в VR/AR може заощаджувати час та гроші, оскільки ці типи моделей дозволяють детально вивчити продукт та внести будь-які зміни.

Віртуальні тури

Віртуальні тури збільшують ефективність роботи агентів нерухомості. Продавцю та потенційному покупцю не потрібно витратити час на реальний огляд, тепер можна відвідати певне місце без необхідності опинитися у ньому фізично.

Презентація продукції

Коли ви пускаєте продукт у продаж, потрібно продемонструвати всі його переваги. Тепер клієнтам, замовникам та партнерам те, що складно чи довго розповідати — стало набагато простіше. Доповнена реальність за пару секунд зробить це за вас, а також допоможе підкріпити ваші слова наочними характеристиками реального часу.

Навчання персоналу

Доповнена реальність також ефективна у такому питанні, як навчання працівників. За допомогою віртуальних моделей ви можете продемонструвати їм як працює певне обладнання перед його використанням, тим самим зводячи до мінімуму шанси на те, що щось піде не так.

Інженерні проекти

VR/AR технологія може допомогти інженерам, архітекторам та іншим фахівцям, чия робота включає будівництво або проектування великих структур. Замість двовимірної візуалізації або макетів можна використовувати 3D-технологію.

Будь-який власник смартфона може зіткнутися з вашим продуктом та його цінностями, а для виробничих компаній – це підвищення ефективності, скорочення витрат та розкриття нових можливостей отримання вигоди. Але варто врахувати, що ключовий показник якості будь-якої програми з доповненою реальністю - хороша анімація та 3D моделі, які мають виглядати реалістично, та викликати симпатію.

Вартість розробки програми сильно залежить від функцій, які ви хочете включити у свою програму, вибраної вами платформи та рівня залученої вами компанії з розробки додатків доповненої реальності.

3. Застосування VR/AR та 3D друк у сучасному суспільстві

3.1 Симбіоз VR та 3д друк

Віртуальна реальність і тривимірний друк - не просто брати за епохою, а невід'ємні частини один одного. Що спільного у VR та 3D-друку, як вони доповнюють один одного.

Найбільш широко обговорюваними у ЗМІ та популярними темами, пов'язаними з новими технологіями, давно вже стали віртуальна реальність та 3D-друк. Це зовсім не дивує, чому є дві основні причини:

- По-перше, це найближчі рядовому користувачеві і найбільш застосовні в повсякденності технології з інноваційних, це їхня основна відмінність від більшості інших новинок, і вони вже досить міцно увійшли в деякі сфери життя.

- По-друге, що важливо, ці дві технології органічно, цілком природно доповнюють один одного. І ось як саме:

Прототипування нових пристроїв.

Створення досвідчених моделей корпусів та деталей майбутніх пристроїв не обходиться без 3D-принтера.

Прототип серійної моделі було створено як 3D-об'єкт, після чого роздруковувався та доопрацьовувався. Це дало можливість інженерам потримати в руках виріб до запуску виробництва та оцінити його ергономічність та зручність. За таким же принципом створювалася модель панорамної камери Surround 360 (це відкритий проект Facebook із створення 3D-відеокамери) з кутом огляду 360 градусів.

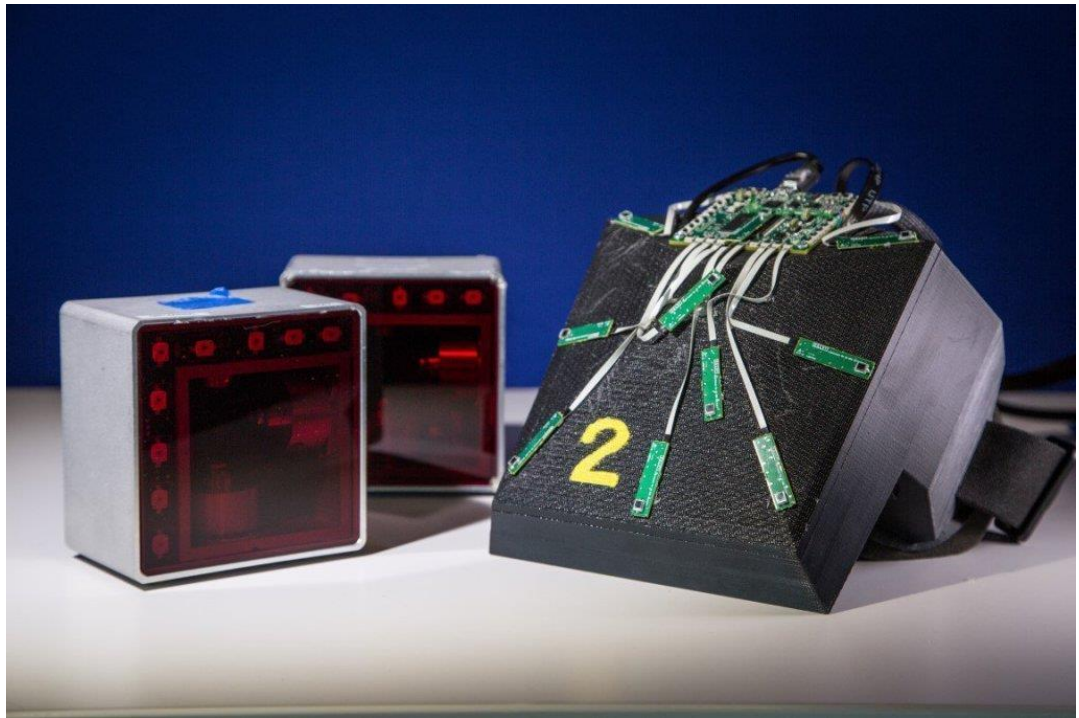


Рисунок 3.1 – HTC VIVE



Рисунок 3.2 – Ілюстрація моделі джойстика HTC



Рисунок 3.3 – Ілюстрація тривимірної моделі камери для панорамної зйомки

За тим самим принципом створюються і саморобні VR-шоломи.

Додатково, VR дуже підходить для відчуття обсягу у просторовому 3D-моделюванні: можна змоделювати 3D-модель нового пристрою на комп'ютері, добре розглянути та відредагувати її у віртуальному просторі, а потім роздрукувати прототип майбутнього пристрою.

Або, навпаки, сканувати наявну заготовку, перевівши її в цифровий формат, внести необхідні корективи, що набагато простіше, а головне – точніше, ніж на фізичній моделі, і вивести на друк нову версію.

DIY VR-пристрої.

DIY (Do-It-Yourself), тобто - саморобні VR-гарнітури для смартфонів набувають все більшої популярності у власників 3D-принтерів, адже картонний Google Cardboard неміцний і недовговічний, а серійні пластикові зразки різних виробників найчастіше продаються за явно завищеними цінами. Тому, все більше ентузіастів друкують на 3D пластикові аналоги Cardboard та інші, більш просунуті моделі.

При цьому самі моделі безкоштовні, а роздрук їх на простому FDM 3D-принтері вийде дешевше, ніж покупка картонних окулярів.

Такий вигляд 3D-модель найпростішого шолома віртуальної реальності, тобто. VR-гарнітури для телефону, призначена для самостійного виготовлення:

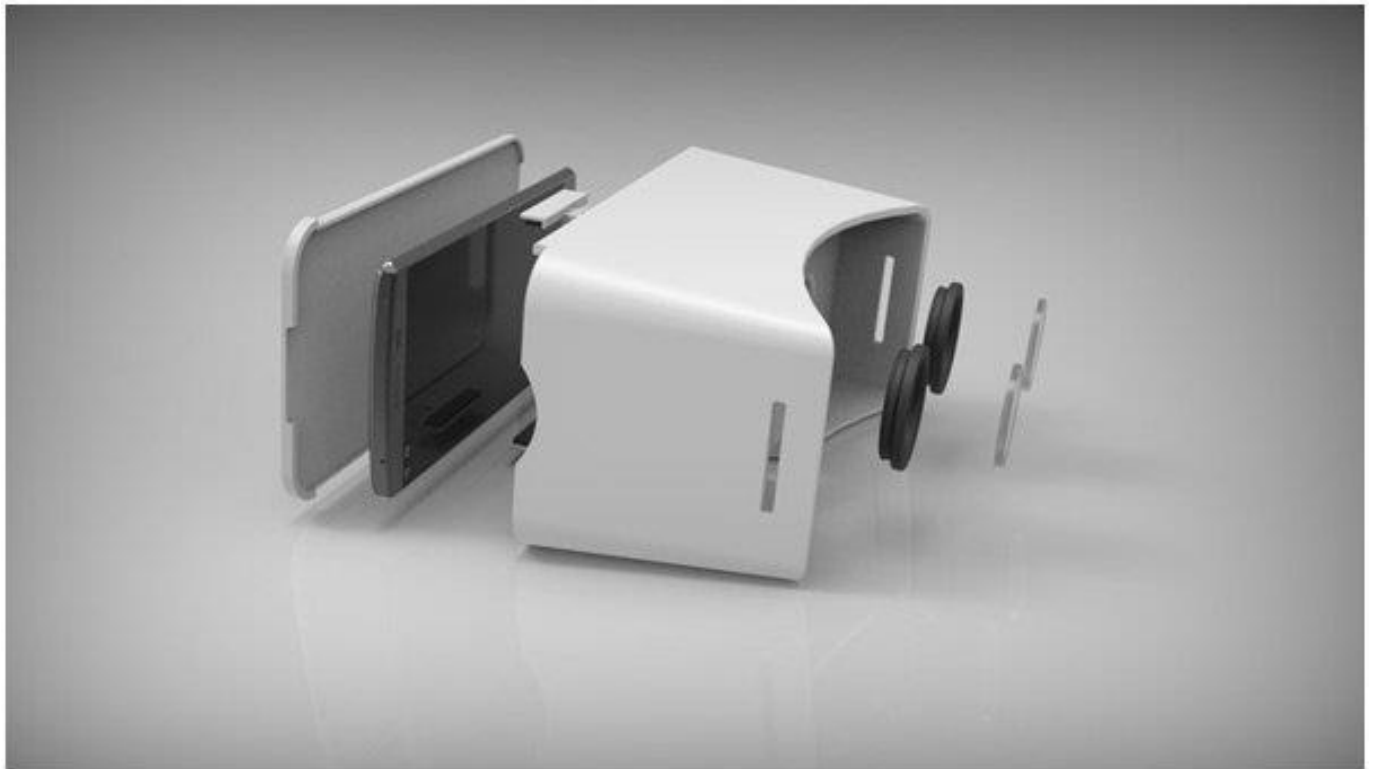


Рисунок 3.4 – Модель VR-гарнітури для самостійного друку

Багато хто задовольняється роздруком найпростішого гугл-карборду, хоч і з міцнішого, ніж картон, матеріалу:



Рисунок 3.5 – VR-гарнітура виконана за зразком Google Cardboard на 3D-принтері

Є й більш продумані пристрої, з можливістю різних регулювань та налаштувань, які, проте, так само легко роздрукувати та зібрати.



Рисунок 3.6 – Оригінальна VR-гарнітура виконана на 3D-принтері

Крім гарнітур, є інші пристрої віртуальної реальності, які можна створити самому. Гарнітура або шолом дозволяють лише поринути у створений кимось простір, але є пристрої і для тих, хто хоче творити сам: сферичні камери. Це спеціальні відеокамери, охоплення яких дозволяє одночасно знімати весь навколишній простір. Можна створити сферичну камеру для зйомки VR-знімків та роликів, функціонально схожу на ті, які використовують для професійної тривимірної зйомки фільмів з ефектом присутності, надрукувавши спеціальний кронштейн з кріпленнями для GoPro або інших мініатюрних камер.



Рисунок 3.7 – Рама для сферичної зйомки з використанням кількох Hero3 –
Black Mount

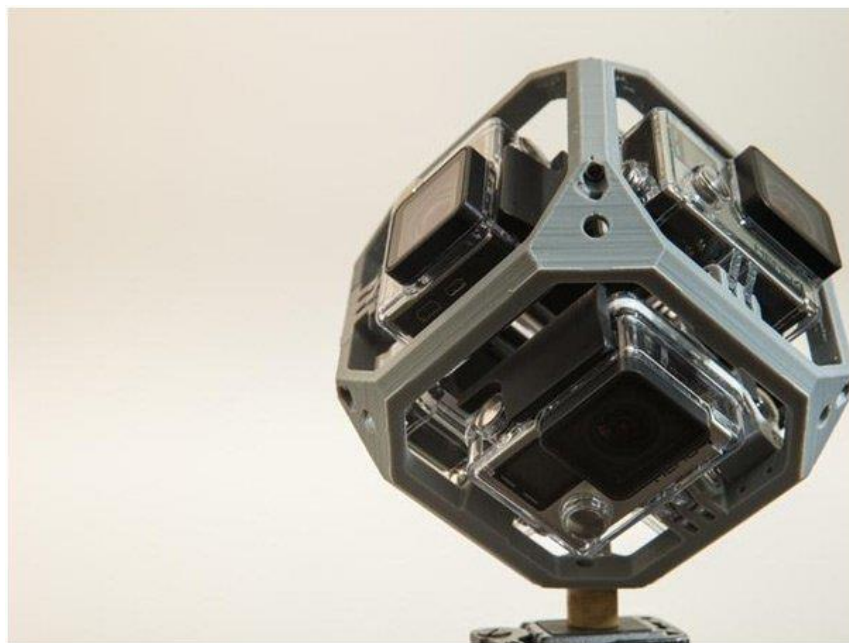


Рисунок 3.8 – Hero – “Underwater”, підходить для підводної зйомки

Не всім цікавий друк саморобок, багато хто воліє користуватися пристроями розробленими професіоналами, але і для таких користувачів є свій спосіб

застосування 3D-друку в області VR – створення нестандартних запчастин та унікальних аксесуарів до VR-обладнання.

DIY аксесуари та комплектуючі для VR

Нові пристрої з'являються постійно, а аксесуари до них купувати буває накладно і складно - пересилання, митниці - все це забирає багато часу та коштів. Не кажучи про те, що не всі вони виробляються та продаються самими виробниками обладнання. Вихід простий – можна надрукувати, наприклад, нестандартні та відсутні підставки або підвіси для VR-шоломів та інших складових VR-систем та інші цікаві аксесуари, які зроблять досвід користування пристроями більш комфортним та насиченим.

Ось, лише кілька прикладів таких пристроїв призначених для популярних VR-систем, які можна завантажити в мережі та роздрукувати самостійно:



Рисунок 3.9 – Настінний підвіс для контролерів HTC Vive

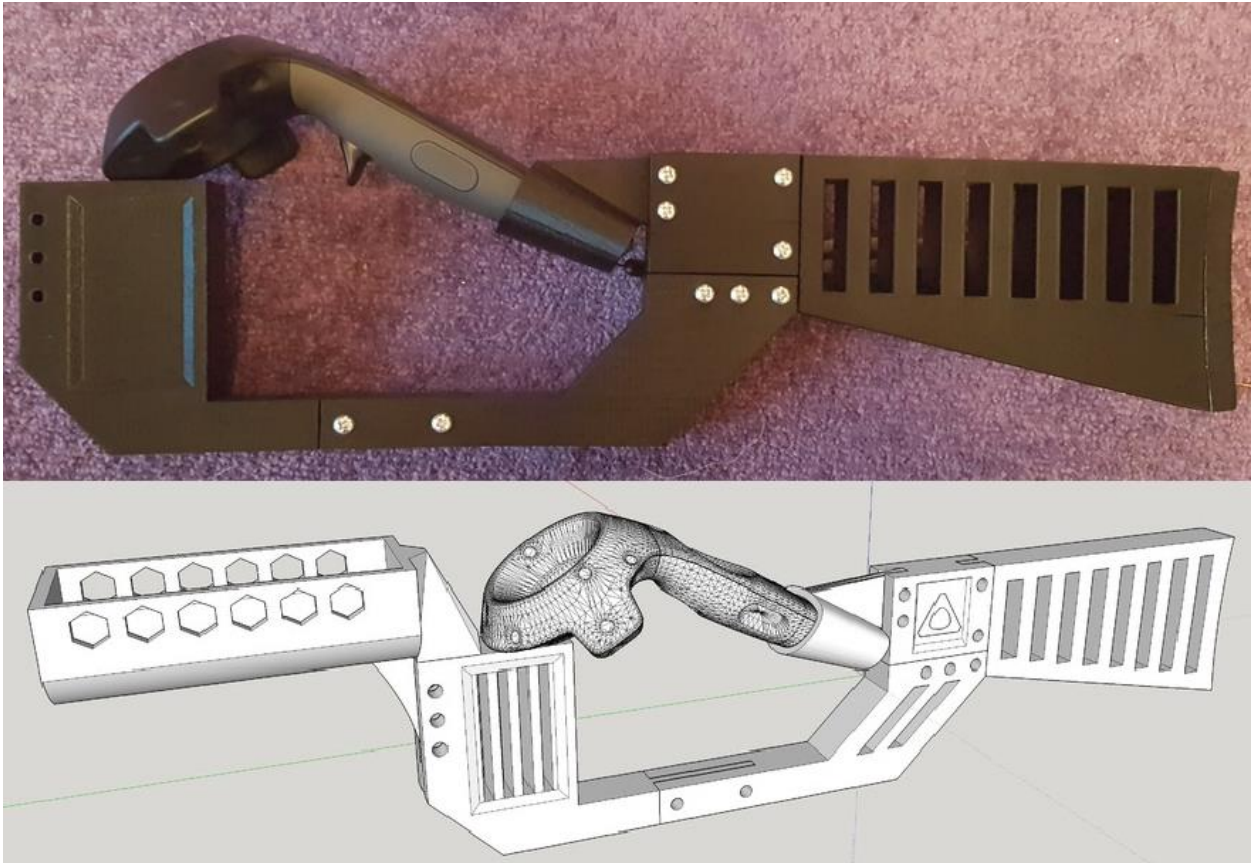


Рисунок 3.10 – Адаптер-гвинтівка для контролера HTC Vive, для ігор типу The Nest

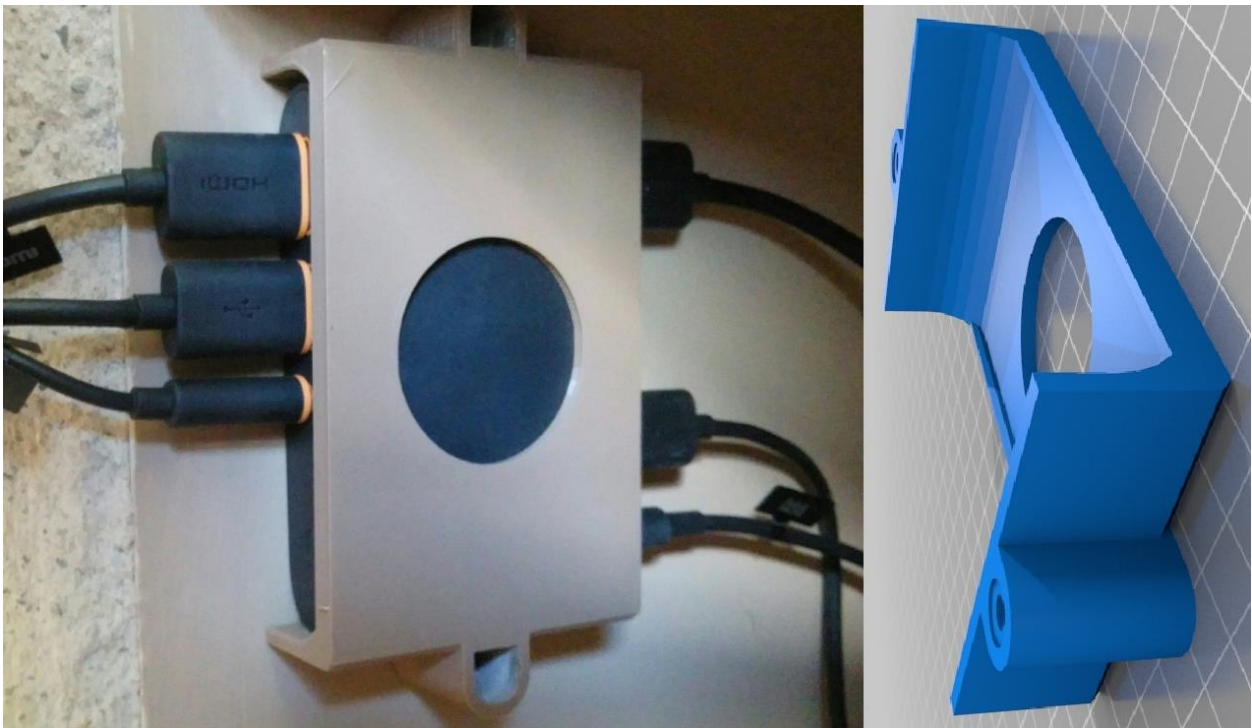


Рисунок 3.11 – Настінне кріплення для лінкбоксу системи HTC Vive



Рисунок 3.12 – Деталі для з'єднання VR-шолома HTC Vive з зручнішим, ніж комплектне, кріпленням на голову



Рисунок 3.13 – Настінне кріплення для зберігання Oculus Rift



Рисунок 3.14 – Стельове, воно ж настінне кріплення для сенсора Rift, може використовуватися як підставка для розміщення на горизонтальних поверхнях

Таким чином можна створити будь-який аксесуар, будь-яку деталь та будь-яке пристосування до ваших пристроїв, яке тільки можна придумати. Достатньо створити в редакторі або просто завантажити необхідну деталь у цифровому вигляді, завантажити у свій 3D-принтер та роздрукувати.

Ідеї – у життя

Слід звернути увагу на те, що більшість функцій і можливостей тривимірних принтерів цілком доступна і на далеко не найдорожчих моделях пристроїв. Наприклад, є цілком доступні для звичайної людини пристрої, причому якісні і видають більш ніж пристойний результат.

Один з яскравих прикладів такого обладнання – принтер Wanhao Duplicator 8, що вже заслужив на пристойну репутацію:

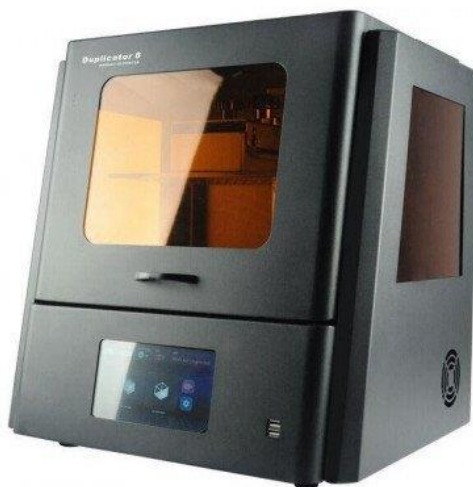


Рисунок 3.15 – принтер Wanhao Duplicator 8

Пристрій класом вище, але теж простий у застосуванні та обслуговуванні – знаменитий Picaso Designer X Pro:



Рисунок 3.15 – принтер Picaso Designer X Pro

Подібного апарата за очі вистачить для виготовлення предметів побуту, сувенірів, деталей механізмів і навіть більш технологічних виробів. Аж до використання у винахідництві.

Якщо ж необхідна велика точність і зручність роботи, то можна вибрати 3D-принтер дорожче, але і вище класом. Наприклад – Formlabs Form 3:



Рисунок 3.16 – принтер Formlabs Form 3

Це практично вже професійна модель 3D-принтера, що забезпечує дозвіл і швидкість роботи недоступні більш бюджетним моделям.

Все менше обмежень залишається для такого перспективного дуету, як 3D і VR, адже пристрої друку та сканування все вдосконалюються, якість виробів зростає, а спектр матеріалів, що використовуються для друку, шириться з кожним днем. Крім

пластиків та харчових матеріалів доступні для використання вже дерево та скло, метали та кераміка. Як і пристрої віртуальної реальності, що дають все більш природний ефект присутності та все більш детальне зображення та інтерактивні можливості. У найближчому майбутньому ці дві технології разом здорово змінять звичну нам картину світу. Що вони почали робити.

3.2 AR та 3D-друк в архітектурі

Технології 3D-друку та віртуальної реальності, які зроблять революцію в архітектурі

Від розваг та фотографії до розробки продуктів та роздрібною торгівлі важко знайти галузь, на яку не впливають останні технологічні досягнення.

Інтегрувавши такі технології в наші архітектурні та інженерні послуги, ми змогли покращити практично кожен аспект скрізного досвіду наших клієнтів, включаючи швидкість комунікації та доставки, презентацію, якість проектування та дослідження будівництва.

З AR архітектори можуть проектувати свої проекти на порожній сайт, над яким вони зараз працюють, надаючи клієнтам візуальне представлення проекту в даній середі до початку будівництва.



Рисунок 3.17 – AR в архітектурі

3D-друк

3D-друк перетворює цифрові файли на розмірні об'єкти, розрізаючи файл на тонкі горизонтальні шари та з'єднуючи їх разом.

Використовуючи 3D-друк, ми можемо створити фізичну модель проєктів, запропонованих нашими клієнтами, щоб вони могли отримати уявлення про розмір, масу та віконні отвори будівлі до початку будівництва. Моделі є складними та деталізованими, тому клієнти можуть справді візуалізувати запропонований дизайн у меншому масштабі.



Рисунок 3.18 – 3D-друк в архітектурі

3D лазерне сканування

При тривимірному лазерному скануванні об'єкти або оточення скануються, щоб зрозуміти їхню форму та зовнішній вигляд. Ми інтегруємо 3D лазерне сканування у програмні сервіси, які записують та повідомляють інформацію про існуючі умови.

Потім наші проєктні групи отримують уявлення про такі компоненти, як товщина стін та підлоги, а також про будь-які невідповідності у існуючих кресленнях. Це довідник, який дозволяє дизайнерам переглядати інформацію, перш ніж розпочати дизайн.



Рисунок 3.19 – 3D лазерне сканування в архітектурі

Ви, мабуть, знаєте, що безпілотники можуть робити фотографії та відео. Це застосування технології дронів також може бути корисним для дизайнерів. 3Dreams використовує безпілотники для первинного огляду на місці, щоб досліджувати важкодоступні райони та виявляти проблеми або можливі потреби в дослідженнях, які ми потім надаємо персоналу офісу на етапі планування та розробки документації. Ми також фіксуємо прогрес у процесі будівництва, щоб уявити його клієнтам. 3Dreams пишається тим, що є сучасним фотографом за допомогою дронів, коли справа доходить до архітектури та технологій.



Рисунок 3.20 – 3D сканування в архітектурі дронами

3.3 VR в освіті

Стрімкий розвиток технологій було не позначитися на освітньому процесі. І хоча технології VR (віртуальної реальності) вже не є чимось новим, в освіті їх почали застосовувати відносно недавно. В рамках освітніх програм «Менеджмент ігрових проєктів» та «Основи створення ігор» наші слухачі та випускники роблять проєкти у тому числі і з використанням технологій віртуальної реальності, тому у цій статті хочемо детально розібрати одну із сфер застосування VR, а саме VR в освіті.

Причин поширення технологій віртуальної реальності на сферу освіти можна назвати кілька:

1. Зниження ціни на технічне обладнання. За останні кілька років ціни на сучасні VR-пристрої, призначені для домашнього та професійного використання, встигли суттєво знизитися, зробивши їх більш доступними.

2. Стрімке зростання кількості програмного забезпечення під VR. На сьогоднішній день існує вже кілька тисяч найрізноманітніших додатків під VR та їх кількість збільшується щодня.

3. Зростання обсягу інвестицій у VR – понад 2,5 млрд. доларів на рік. Ця цифра постійно зростає з 2012 року і, зважаючи на все, не планує суттєво зупиняти своє зростання найближчим часом.

4. Збільшення кількості великих підприємств, що працюють у сфері VR. На європейському ринку їх вже понад 300, а такі гіганти, як Oculus, HTC, Sony, Microsoft, Samsung та багато інших вже давно впроваджують свої технології у цій галузі.

5. Впровадження VR-технологій у ряді сфер: нафтогазова промисловість, машинобудування, енергетика, металургія, телекомунікації, реклама та багато іншого. Віртуальна реальність вже давно перестала бути лише ігровою історією та активно впроваджується у всі сфери діяльності людини.

Пропонуємо вам детальніше розглянути, як VR використовується в освітній сфері вже сьогодні та чому за цією технологією майбутнє, а також які її перспективи.



Рисунок 3.21 – реалії VR в освіті

Сучасні реалії VR в освіті

Група аналітиків компанії ABI Research заявляє, що вже до 2022 року світовий VR-ринок зросте до 5-6 мільярдів доларів США. І це, на думку експертів, лише початок.

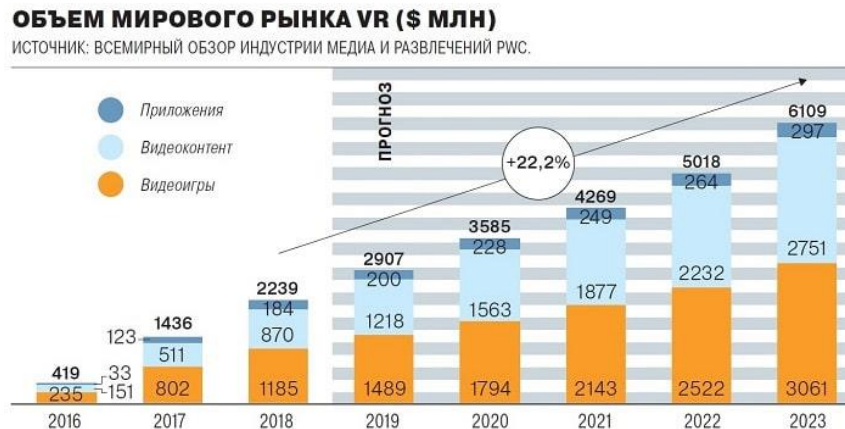


Рисунок 3.22 – Світовий ринок VR

Нам вже відомі успішні приклади використання VR у навчанні. Наприклад:

- У Єльському університеті успішно протестовано VR-тренування проведення хірургічної операції на жовчному міхурі. Група, що використовує VR, була на 29% швидше і в 6 разів рідше припускалася помилок.

- У Пекіні було проведено дослідження «Вплив віртуальної реальності на академічну діяльність». Дітям викладали ту саму дисципліну, але одній групі – класичним методом, а другій – з використанням VR. За підсумком було проведено тест. Перша група виявилася успішною на 73%, а друга – на 93%. Крім того, VR-група показала більш глибоке розуміння теми та краще закріпила отримані знання (за результатами тесту через два тижні).

- У 2018 році студенти-антропологи з Кембриджу та учні класу зі Східного Китаю досліджували символи, намальовані вздовж гробниці на плато Гіза. Нічого незвичайного. Ось тільки дві групи були в різних частинах світу і жодної людини – безпосередньо в Африці. Це стало можливо завдяки VR-програмі *gumii*, розробленій компанією Doghead. У ній було створено віртуальний клас та завантажено

тривимірні моделі досліджуваних об'єктів. А студенти керували своїми віртуальними аватарами, за тисячі кілометрів від реального місця дослідження.

- Корпорація Google вже не перший рік працює над створенням віртуальних екскурсій світовими пам'ятками. Наприклад, наприкінці 2019 року було запущено віртуальний тур Версальським палацом, для створення якого використано 132 000 фотографій. Є також тури Великого театру в Москві, Букінгемського палацу в Лондоні та іншим об'єктам культурної спадщини. І їх кількість тільки зростатиме з кожним роком.

Визначено, що лідерами з впровадження віртуальної реальності в освіті залишаються США та Європейські держави. Але й Росія в цьому плані йтиме в ногу з часом. Починаючи з 2018 року, запущено цілу низку великих освітніх VR-проектів:

- «Освіта-2024»
- «Цифрова школа»
- «Сучасне цифрове освітнє середовище»

Проект «Цифрова школа» і є одним з найбільш амбітних. За даними ініціаторів, вже до 2024 року планується запровадити його у 25% усіх «пілотних» навчальних закладів.

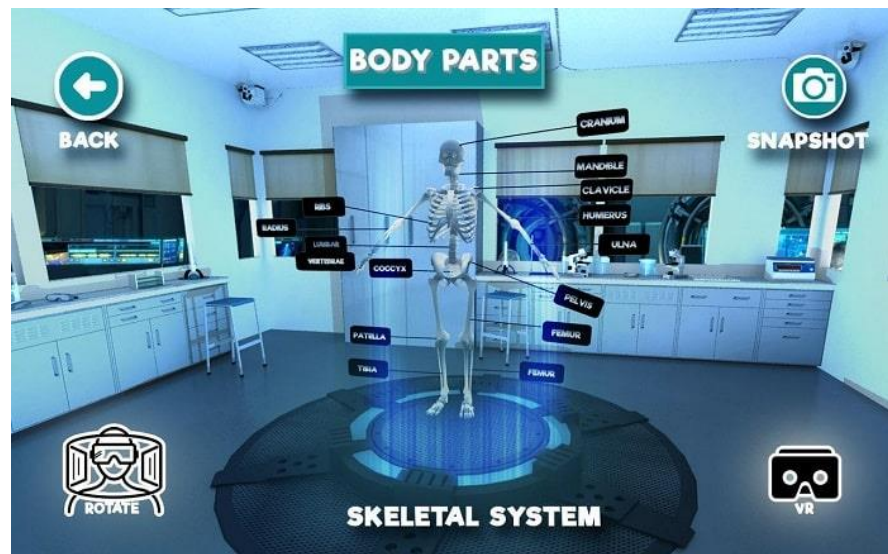


Рисунок 3.23 – Анатомія у VR

5 ПРИЧИН ВИКОРИСТОВУВАТИ VR В ОСВІТІ ВЖЕ СЬОГОДНІ

В основі навчання із застосуванням віртуальної реальності лежать іммерсивні технології – віртуальне розширення реальності, що дозволяє краще сприймати та розуміти навколишню дійсність. Тобто, вони буквально занурюють людину в задане подійне середовище.

Переваг іммерсивного підходу є кілька.

1. Наочність. Віртуальний простір дозволяє детально розглянути об'єкти та процеси, які неможливо чи дуже складно простежити у реальному світі. Наприклад, анатомічні особливості людського тіла, роботу різних механізмів тощо. Польоти в космос, занурення на сотні метрів під воду, подорож людським тілом – VR відкриває колосальні можливості.

2. Зосередженість. У віртуальному світі на людину практично не впливають зовнішні подразники. Він може повністю сконцентруватися на матеріалі і краще засвоювати його.

3. Залучення. Сценарій процесу навчання можна з високою точністю запрограмувати та контролювати. У віртуальній реальності учні можуть проводити хімічні експерименти, побачити видатні історичні події та вирішувати складні завдання у більш захоплюючій та зрозумілій ігровій формі.

4. Безпека. У віртуальній реальності можна без будь-яких ризиків проводити складні операції, відточувати навички керування транспортом, експериментувати та багато іншого. Незалежно від складності сценарію учень не завдасть шкоди собі та іншим.

5. Ефективність. Маючи вже проведені експерименти, можна стверджувати, що результативність навчання із застосуванням VR мінімум на 10% вище, ніж класичного формату.



Рисунок 3.24 – Симулятор у VR

Окремо варто згадати, що віртуальна реальність сприяє гейміфікації процесу навчання. Значну частину інформації можна подати в ігровій формі. І так само закріплювати матеріал, проводити практичні заняття та багато іншого. Таким чином, суха теорія стає наочною, зрозумілою і набагато цікавішою, ніж ще більше залучає учнів і збільшує ефективність освіти.

Окремо стоїть питання ціни. Незважаючи на стрімке поширення та здешевлення VR-обладнання, його покупка для особистого використання поки що виглядає не найдешевшим задоволенням. Але якщо ми говоримо про придбання для освітньої установи, то це вже зовсім інша річ. Так, наприклад, в інтернет-магазині «Віртуальні Окуляри» можна придбати найрізноманітніші пристрої віртуальної та доповненої реальності за різноманітними цінами: починаючи від найдоступніших окулярів для смартфонів або всіма улюбленими Oculus Rift S, Oculus Quest і закінчуючи такими інноваційними та досить дорогими девайсами, як Microsoft Hololens 2 та Magic Leap One. Звичайно, принцип дії та функціональність у всіх пристроїв відрізняються, як і цільове призначення, що безпосередньо впливає на їхню ціну.

ЯК VR ЗМІНІТЬ МАЙБУТНЄ СИСТЕМИ ОСВІТИ І ЧОМУ ТЕХНОЛОГІЯ ВСЕ ЩЕ НЕ СТАЛА ПОВСІМНОЇ

Спостерігаючи за актуальними тенденціями, можна з упевненістю говорити, що згодом VR-обладнання ставатиме доступнішим. Одним із ключових факторів поширення технології буде збільшення доступного VR-контенту. Не тільки для шкіл, а й для університетів та інших закладів. При цьому використовувати віртуальну реальність у навчанні можна у будь-якому віці – як для учнів молодших класів, так і для людей у віці, які вирішили освоїти нову професію або вдосконалити існуючі навички.

Але якщо VR-технології вже сьогодні такі розвинені, чому вони не набули масового характеру? Першу причину ми вже згадали це ціна. Обладнання все ще залишається досить дорогим для масового покупця, за винятком пристроїв для смартфонів. До того ж, не всі готові вкладати гроші прямо зараз, тому що побоюються, що через півроку-рік може статися новий стрімкий стрибок розвитку технології та придбане обладнання виявиться застарілим.

Проте, крім ціни, є ще кілька важливих факторів.

1. Дорожня розробка програм під VR. Цей процес вимагає багато часу, сил та вкладень. До того ж, далеко не всі матеріали можна грамотно та ефективно перенести до VR.

2. Можливі проблеми адаптації до віртуальної дійсності. Не всі люди однаково сприймають VR. У деяких вже через кілька хвилин виникає запаморочення, нудота та дезорієнтація. Це індивідуальні особливості організму, яких нікуди не подітися. Але ця проблема в більшості сучасних пристроїв практично вирішена і незабаром цілком можливо буде переможено повністю.

3. Необхідність суттєво змінювати програму навчання на державному рівні. Поки що VR впроваджується лише на рівні експериментів. Щоб зробити технологію повноцінною частиною навчального процесу, потрібно кардинально працювати над

програмами навчання у школах та університетах. Але через бюрократичні складнощі на це можуть піти роки.

І незважаючи на це, багато фахівців упевнені, що протягом наступних 5 років ми спостерігатимемо за інтенсивним поширенням технологій віртуальної реальності в освітньому секторі.

Зрозуміло, поки що не доводиться говорити про масове проведення цілих 45-хвилинних шкільних уроків повністю у VR. Проте відведення під нього 5-10 хвилин – більш ніж реально, і в деяких школах вже поступово практикується.

ЯК СЬОГОДНІ МОЖЛИВО ВИКОРИСТОВУВАТИ ТЕХНОЛОГІЇ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТІ?

Багато сучасників сприймають віртуальну реальність як щось далеке і недоступне пересічному користувачеві. Інші впевнені, що VR це технологія виключно для ігор. Насправді помиляються і ті, й інші.

VR тут і доступний кожному. Навіть із найбюджетнішими окулярами віртуальної реальності. Наприклад, з Nomido Prime, ціна яких на сайті "Віртуальні Окуляри" - менше 2500 грн.

Освітній VR-контент зараз можна знайти в різних джерелах, наприклад:

- VR-програми в каталогах App Store, Google Play або Steam. У цих сервісах перебуває кілька десятків найрізноманітніших додатків, вкладених у навчання та отримання нових навичок;
- відео на YouTube, створені спеціально для VR. Відео у форматі 360 градусів стає популярнішим з кожним днем, а YouTube цьому чудово сприяє;
- спеціальні програми від розробників, які працюють у сфері освіти. Зазвичай вони виробляються за замовлення і створюються під конкретні завдання.
- Багато пропозицій доступні абсолютно безкоштовно. Плюс є демо-версії, що дозволяють випробувати технологію та вирішити, чи готові ви платити за конкретну пропозицію.

Якщо ви вважаєте, що сьогодні дуже мало VR-програм для навчання, поспішаємо запевнити вас у зворотному. Їх маса в різних сферах. До того ж деякі досить вузькоспеціалізовані. Так, не так багато їх доступно російською мовою, але це лише питання часу.

Пропонуємо звернути увагу на кілька цікавих освітніх програм, які можна використати вже зараз.

1. Universe Sandbox 2. Справжній космічний симулятор, у якому учні можуть наочно побачити, як працює гравітація, клімат та фізичні взаємодії у космосі.

2. The Body VR. По праву один із найкращих симуляторів подорожі всередині людського тіла, розроблений для студентів-медиків. Дозволяє пройти шлях кровоносними судинами, побачити справжні клітини та смертельні віруси.

3. Google Earth VR. Дає можливість побачити світові пам'ятки «на повний зріст» та розглянути їх з усіх боків. Єгипетські піраміди, Ейфелева вежа, Ніагарський водоспад – всі унікальні об'єкти стають близько, як ніколи.

4. 3D Organon VR Anatomy. Це перший у світі атлас анатомії людини у VR. У ньому зібрано понад 4000 реалістичних анатомічних моделей.

5. The VR Museum of Fine Art. Відкриває перед вами найвідоміші музейні експонати. Без захисного скла, натовпів туристів та охорони. І з можливістю розглянути кожен деталь завдяки чудовій графіці.

3.4 Технології AR/VR у військовій промисловості

Армія як інститут часто робить вирішальний внесок у появу та розвиток нових технологій. Поява пристроїв віртуальної та доповненої реальності та систем, що працюють на їх основі, — теж одна із заслуг військово-промислового комплексу. Більше того, сьогодні армія стає для багатьох виробників AR/VR-пристроїв найбільшим замовником. Контракт Microsoft та Міністерства оборони США на постачання 100 тисяч шоломів віртуальної реальності HoloLens став безпрецедентним для всього ринку: його вартість становить \$480 млн.

У цій статті ми проаналізуємо, для яких цілей військові використовують віртуальну та доповнену реальність.



Рисунок 3.25 – військові в AR/VR

Чому вчать солдатів у віртуальній та доповненій реальності

Відпрацювання навичок, навчання та тренування – одна з основних сфер застосування технологій віртуальної реальності. З цього погляду вони й цікаві військовим, які використовують симулятори для підготовки особового складу. Основні напрями їх застосування — навчання новачків та формування первинних навичок у тих, хто тільки-но починає військову службу, а також підтримання кваліфікації у досвідчених фахівців (сюди ж можна віднести і підготовку перед підтвердженням кваліфікації). Для цих цілей застосовуються симулятори, націлені на різні завдання:

- тренування навичок керування технікою, наприклад, авіаційні тренажери;
- відпрацювання навичок обслуговування техніки;
- відпрацювання первинних бойових навичок у новобранців;
- навчання дій у бойових умовах;

- тренування медиків у стресових ситуаціях та віддалена медична підтримка.

У кожному конкретному випадку розробки симулятора враховуються специфіка роду військ та особливості підготовки — індивідуальна, групова чи спеціальна.

Тренування навичок управління технікою

Найпоширеніший тренажер – тренажер управління технікою. Подібний тренажер використовується для первинної підготовки та підвищення кваліфікації. Він складається з кабіни бойової машини та сферичного екрану або шолома віртуальної реальності для демонстрації навчального контенту. Такі тренажери можна використовувати і для індивідуальних занять, і у складі груп, що працюють в єдиному інформаційному просторі, коли кілька комплексів одночасно використовують той самий контент.



Рисунок 3.26 – Тренажер вертольота Ка-27



Рисунок 3.27 – Льотчик першого класу ВПС США Шейн Стюарт, студент курсу підготовки пілотів, тренується на симуляторі польоту у віртуальній реальності в Резервному центрі збройних сил в Остіні, штат Техас.

Відпрацювання навичок обслуговування техніки

Тренажери віртуальної реальності дозволяють пілотам тренуватися, не відправляючи літак у повітря, а це скорочує витрати. Крім того, значна частина військової техніки - це складні електромеханічні системи, наприклад літаки або космічні кораблі. До їх обслуговування та збирання пред'являють надзвичайно високі вимоги та, відповідно, до ремонтних бригад. Застосування технології доповненої реальності знижує ризики появи помилок, підвищує надійність та ефективність обслуговування та ремонту.



Рисунок 3.28 – Lockheed Martin використовує доповнену реальність, щоб спрямовувати технічних фахівців у вирішенні завдань. Це фото містить імітацію накладання доповненої реальності.

Наприклад, оборонний підрядник, компанія Lockheed Martin успішно використала технологію AR у процесах збирання та відстеження якості для космічного корабля NASA Orion.

Доповнена реальність включає цифрову інформацію, яка потрапляє в поле зору спеціаліста з ремонту і накладається на реальний світ, - все це він спостерігають через окуляри.

Окуляри замінюють планшети або громіздкі посібники, які ремонтні бригади носять із собою. Окуляри можуть «накладати» інструкції на машини, показувати PDF-файли або зображення та забезпечувати віддалену підтримку досвідченими фахівцями. Користувачі можуть робити знімки екрана через окуляри, а також відкривати та переглядати документи голосом, продовжуючи працювати над проектом руками. Відпрацювання первинних бойових навичок у новобранців

Окремо варто згадати клас симуляторів, призначених для базового навчання новобранців, які використовуються в основному для підготовки сухопутних військ. Сюди входять:

Віртуальні тири - стаціонарні стрілецькі тренажери для відпрацювання базових навичок стрільби з різних типів зброї;

Тренажери для відпрацювання стрибків із парашута;

Навчання діям у бойових умовах;

Симулятори бойових дій



Рисунок 3.29 – Американські військові відпрацьовують стрілянину з гранатомета, використовуючи високотехнологічний симулятор артилерійської стрільби (UGTI) на базі ВПС у Майноті, Північна Дакота.



Рисунок 3.30 – PARASIM – тренажер віртуальної реальності для відпрацювання стрибків із парашутом.

Найбільш складними та специфічними, а також малозастосовними поза армією є симулятори бойових дій (англ. Battlefield Simulators). Вони бувають двох видів: тактичні та повноцінні, які, у свою чергу, поділяються на симулятори групової взаємодії та симулятори повноцінних бойових дій, так звані Virtual WAR.

Тактичні симулятори

Нещодавно на озброєння армії США надійшли так звані Marine Tactical Decision Kit, їхня основна цільова аудиторія — морські піхотинці. Це набір обладнання для командного центру в зоні бойових дій, який по суті замінює реальну карту бойових дій. Використовується при:

- планування бойових операцій;
- відстеження ситуації на полі бою (за наявності відповідної техніки та датчиків на бійцях, що дозволяють накладати їхнє місце на віртуальну карту бою);
- проведення брифінгів перед початком спецоперацій, при цьому картка формується у доповненій реальності.

Як пристрій доступу до доповненої реальності використовується смартфон, або дисплей доповненої реальності, змонтований безпосередньо на шоломі.

Marine Tactical Decision Kit розроблявся як інструмент відточування навичок прийняття тактичних рішень. Доповнена реальність мала замінити тренування «в полях», але підвищити ефективність навчання солдатів у казармах. Можливо, використання спірних, на наш погляд, рішень (наприклад, тактичних карт у доповненій реальності) не принесли проекту популярності. Розробку анонсували ще у 2017 році, і з того часу про розвиток проекту в армії США нічого не відомо.

Симулятори групової взаємодії

Ці симулятори використовуються під час базових тренувань рекрутів у частині командної взаємодії. Вони націлені на вироблення індивідуальних навичок (вхід у будівлю, огляд приміщень, швидке ураження цілей з різного виду зброї, підтримка зв'язку, переміщення по місцевості) та групових, таких, як техніка та бойовий порядок пересування груп захоплення та прикриття у місті та сільській місцевості, переміщення у складі групи захоплення та прикриття входу до будівлі, ведення вогню у складі групи або дотримання заходів безпеки та вогневої дисципліни.



Рисунок 3.31 – Солдати армії США відпрацьовують взаємодію

Обладнання та технології таких симуляторів мало відрізняються від тих, що використовуються в атракціонах віртуальної реальності, які є у більшості розважальних парків. Щоправда, військові симулятори мають і свої специфічні елементи. Тут використовується озброєння, що імітує реальні аналоги, а шоломи віртуальної реальності під час навчань не просто проєктують цифрову картинку, а й передають дії солдатів до командного центру, де знаходиться керівництво. Таким чином, інструктори можуть як реального часу коригувати дії загону. Двосторонній зв'язок спрощує процедуру оцінки дій особового складу. Можуть використовуватися і датчики, що знімають свідчення про стан бійця (тиск, пульс тощо). Крім того, до такого симулятора можуть підключатись системи аналітики, які використовуються для оцінки дій рекрутів.

Повномасштабні симулятори (Virtual WAR)

Такі симулятори використовуються не часто. Причина – висока вартість та складність подібних систем. Справа в тому, що Virtual WAR відносяться до симуляторів командної взаємодії, а отже, мають враховувати дії кількох пологів військ. По суті, йдеться не про один тренажер, а про цілий комплекс, який дозволяє відпрацювати командну взаємодію кількох пологів військ: сухопутних, бронетанкових, авіації і навіть флоту.



Рисунок 3.32 – Російський симулятор командної взаємодії

Використовуються в таких комплексах і тренажери, подібні до авіаційних і танкових, а також шоломи віртуальної реальності. Контент для такої системи має імітувати взаємодію безлічі груп. Адже навіть під час проведення однієї локальної операції із захоплення будівлі у підрозділі можуть бути виділені групи захоплення, прикриття, забезпечення, сапери, медична група, розвідка, групи документування, блокування, автотранспорту та навіть група ведення переговорів. Таким чином, повномасштабному симулятору навіть при плануванні невеликої операції належить відпрацювати взаємодію як мінімум десятка різних груп. Уявімо, що йдеться про операцію великого масштабу, в якій задіяні авіація та танки. Створити подібний симулятор - завдання набагато серйозніше, ніж придумати гру Battlefield.

Тренування медиків у стресових ситуаціях та віддалена медична підтримка

Важко відтворити обмежені умови та напругу всередині вертольота, який евакуює тяжко пораненого солдата до польового шпиталю. У реальному житті при реанімації або стабілізації солдата медики борються з труднощами польоту, тоді як пілоти ухиляються від вогню зі стрілецької зброї із землі.

Підготувати медиків до подібних умов допомагає тренажер віртуальної реальності, який поєднує гарнітуру віртуальної реальності, рукавички з датчиками руху, реалістичний манекен солдата і корпус.

У ситуаціях, коли потрібна медична допомога, а медика немає або його знань замало, може бути використана система віддаленої медичної допомоги. За допомогою «розумних окулярів» медики на місцях пов'язуються з експертами, які перебувають поза полем бою. Подібне рішення може бути використане в армії, флоті та військово-повітряних силах. І вже використовується у цивільній медицині.

Наприклад, наша компанія Ланіт-Інтеграція на початку пандемії 2020 року розробила систему віддаленої координації дій медиків, в основі якої ергономічні розумні окуляри (можна почитати про це тут). Вона дозволила скоротити кількість безпосередніх контактів медичного персоналу з пацієнтами та знизити ризик зараження лікарів. Лікарі отримали змогу збирати консиліуми в дистанційному режимі, швидко проводити навчання персоналу. COVID-19 дає багато ускладнень і на печінку, і на серцево-судинну систему, і інші органи, тому без консультацій вузьких фахівців не обійтися. Рішення дозволяє «покликати» в червону зону вузьких фахівців, які можуть проконсультувати з питань супутніх захворювань, але так, щоб не наражати медиків на небезпеку перебування поряд з хворим. Якщо подумати, потенціал цього рішення набагато ширший: його можна використовувати в хірургії, медицині катастроф і роботі швидкої допомоги, в науковій роботі та лабораторній медицині.



Рисунок 3.33 – Підготовка медиків у Збройних силах Великої Британії

3.5 3D-друк конструкційними пластиками та металами у військовій промисловості

Частка застосування адитивних технологій у військовій та оборонній промисловості неухильно зростає. Вже нікого не дивує застосування 3D-друку для прототипування, в тому числі і при створенні нових систем озброєння та спорядження, це стало буденністю. Але цим праворуч не обмежується.

Все частіше ми дізнаємося про те, що 3D-друк застосовується при створенні функціональних моделей, що відповідають усім нормам міцності серійного виробу. І тут у гру вступають такі технології, як друк металом і конструкційними пластиками, надміцними та жаростійкими. Обладнання для цього випускає вже не тільки Stratasys, але й інші компанії, що змогли зробити свої продукти дешевшими без втрати якості.

Властивості

Конструкційні пластики – полімерні матеріали з такими фізико-хімічними властивостями, як жаростійкість, стійкість до хімічно агресивних сред, підвищена міцність. Ці властивості дозволяють застосовувати їх в автопромі та машинобудуванні,

науково-дослідної діяльності, хімічної промисловості, аерокосмічної галузі та галузях ВПК.

Філаменти з полікарбонатом

Полікарбонат - поширений в промисловості пластик з високою стійкістю до ударів і прозорчістю, виробляється в тому числі і для потреб FDM-друку. Матеріал краще тримає температуру, ніж ABS, стійкий до кислот, але чутливий до УФ-випромінювання і руйнується під впливом нафтопродуктів.



Рисунок 3.34 – Надруковані деталі екзоскелета піхотинця компанії Lockheed Martin

ABS/PC

Характеристики:

- Займистість: 1,5 мм
- Діаметр нитки: 1,75 мм

- Модуль вигину: 2300 МПа при 2 мм/хв.
- Щодо подовження при розриві: 80%
- Міцність на вигин: 80 МПа при 2 мм/хв.
- Міцність на межі плинності: 50 МПа
- Міцність на розрив: 46 МПа
- Температура розм'якшення по Віка, 1 кг, 50 град С/год: 136 град С
- Температура розм'якшення по Віка, 5 кг, 50 град С/год: 123 град С
- Температура сопла під час друку: 260-265 град С
- Температура столу: 110 град.
- Температура теплової деформації без термовідпустки, 1,8 МПа: 117 град.
- Температура теплової деформації з термовідпусткою, 1,8 МПа: 106 град.
- Ударна в'язкість по Ізоду (надріз), 1/8": 45 кДж/м²

Сплав полікарбонату та ABS поєднує можливість шліфування та фарбування, властиву ABS, з більш високою удароміцністю та робочою температурою. Зберігає міцність при низьких температурах - до -50 град С. На відміну від чистого PC, краще застосовуємо у тих випадках, коли необхідно ліквідувати шарувату структуру деталі шліфуванням або пікоструминною обробкою. У військово-промисловому комплексі застосовується для корпусів, елементів органів управління, екстреної заміни серійних пластикових деталей у обладнанні.

Філаменти на основі поліаміду



Рисунок 3.35 – безпілотний літальний апарат Thor компанії Airbus, що при довжині близько 4 метрів важить всього 21 кг.

Властивості поліамідів:

	Полиамид 6	Полиамид 66 (6.6)	Полиамид 610 (6.10)	Полиамид 612 (6.12)	Полиамид 11	Полиамид 12
Температура плавлення, °C	220	260	215	213	198	178
Плотность, г/см³	1,084—1,235	1,13—1,14	1,04	1,3	1,03	1,01

Рисунок 3.36 – Властивості поліамідів

Поліаміди використовуються у виробництві синтетичного волокна, це популярний матеріал для друку методом вибіркового лазерного спікання (SLS). Для друку за технологією FDM/FFF в основному використовуються поліамід-6 (капрон), поліамід-66 (нейлон) та поліамід-12. До загальних рис філаментів на основі поліаміду відносяться хімічна інертність та антифрикційні властивості. Поліамід-12 більш гнучкий і пружний, порівняно з PA6 та PA66. Робоча температура – близько 100 град С, окремі модифікації – до 120.

Насамперед, з поліаміду друкують шестірні. Найкращий матеріал для цієї мети, з яким можна працювати на звичайному 3D-принтері із закритою камерою. Стійкість до стирання дозволяє робити тяги, кулачки, втулки ковзання. У лінійці багатьох виробників є композитні філаменти на основі поліаміду, з ще більшою механічною міцністю.

Переходимо до найцікавішого

Працювати з полікарбонатом або поліамідом можна на звичайному 3D-принтері. З описаними далі філаментами складніше, вони вимагають інших екструдерів та підтримки температурного режиму в робочій камері, тобто потрібне спеціальне обладнання для друку високотемпературними пластиками. Винятки бувають – наприклад, у NASA, заради експерименту, модернізували популярний у США Lulzbot TAZ для роботи з високотемпературними філаментами.

Поліефірефіркетон, PEEK

Характеристики:

- Модуль пружності при згині: 4300 МПа
- Щільність: 1,26 г/см³
- Межа міцності при розтягуванні: 3700 МПа
- Ударна в'язкість по Ізоду з надрізом: 19 Кж/м²

Робоча температура виробів з PEEK досягає 250 град С, можливе короткочасне нагрівання до 300 - показники для армованих філаментів. Недоліків у PEEK два: висока ціна та помірна ударостійкість. Решта – плюси. Пластик самозагасаючий, термостійкий, хімічно інертний. З PEEK виробляються стійкі до стирання деталі.



Рисунок 3.37 – крило зі змішаного матеріалу Roboze Carbon PEEK надрукована на ARGO 500. Вуглепластикові волокна додаються до PEEK для підвищення міцності

Полієфірімід, PEI

Характеристики:

- Має низьку займистість і димовиділення;
- Витримує великий температурний інтервал (від -70 до +180 ° C);
- Стійкий до механічних впливів;
- Жорсткий;
- Стабільний у розмірах (навіть за умов високих температур);
- Податливий до термоформування та механічної обробки;
- Високі електроізоляційні властивості;
- Низький коефіцієнт теплового розширення;
- Стійкий до води та пар, а також до ультрафіолетового та енергетичного випромінювання;
- Стійкість до олій та бензину, спиртів (навіть під навантаженням);
- Не піддається впливу кислот і слабких лугів.

Він же – Ultem. Сімейство пластиків, розроблених компанією SABIC. Характеристики PEI скромніші за показники PEEK, але вартість помітно нижча. Ultem 1010 та 9085 – основні матеріали Stratasys для друку функціональних деталей. PEI затребуваний в аерокосмічній галузі – маса значно менша, порівняно з алюмінієвими сплавами. Робочі температури виробів, залежно від модифікації матеріалу, досягають 217 град. С за інформацією виробника та 213 – за результатами випробувань Stratasys.

Переваги PEI ті ж, що і PEEK - хімічна і температурна стійкість, механічна міцність. Саме цей матеріал Stratasys просуває як часткову заміну металу в

аерокосмічній галузі, для безпілотників, виготовлення оснастки для формування, швидкого друку функціональних деталей у дослідному виробництві.

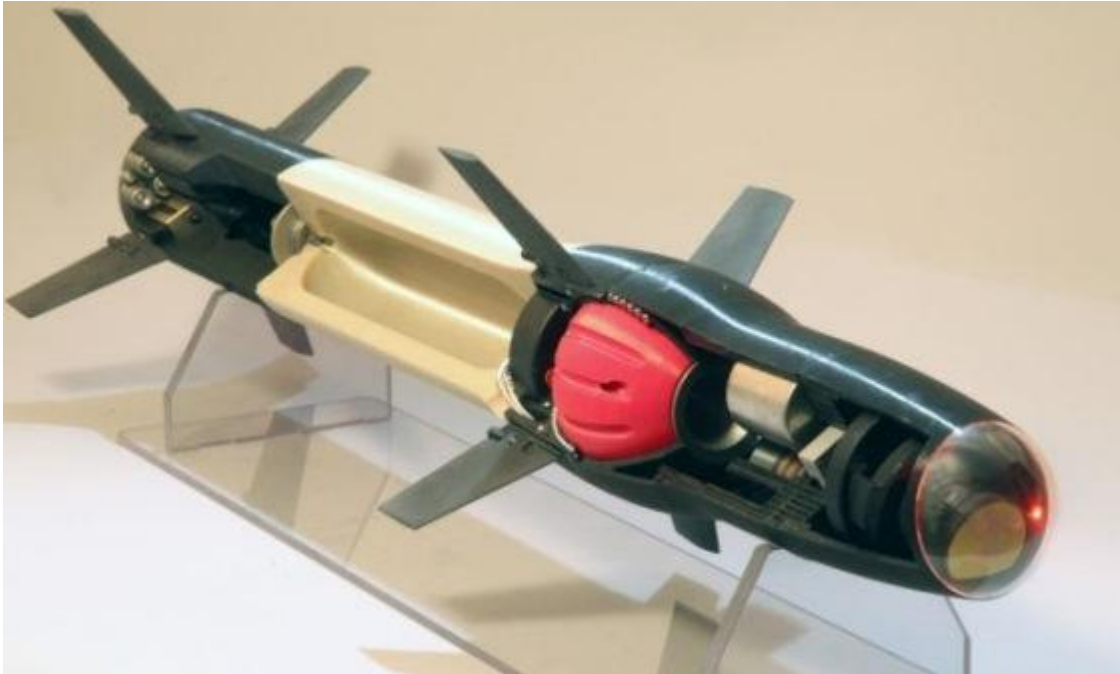


Рисунок 3.38 – Макет ракети Raytheon із 3D-друкованими деталями з різних типів конструкційного пластику

Поліфенілсульфон, PPSF/PPSU

Характеристики:

- Висока максимальна допустима робоча температура на повітрі (180 град. С, 170 град. С і 150 град. С тривало для PPSU 1000, PEI 1000 та PSU 1000 відповідно)
- Висока механічна міцність у широкому температурному діапазоні
- Відмінна гідролізна стійкість (можна повторно стерилізувати пором)
- Висока міцність навіть при низьких температурах Фізіологічно інертний (придатний для контакту з харчовими продуктами)
- Дуже хороша стабільність розмірів
- Прозорий, без оптичної якості (за винятком PPSU 1000, який виготовляється чорного кольору)
- Дуже хороша стійкість до випромінювання з високою енергією (гамма- та рентгенівські промені)

- Хороші електроізоляційні та діелектричні властивості

Ще один матеріал, який поєднує у своїх властивостях температурну стійкість, механічну міцність та стійкість до хімічних впливів. PPSF від Stratasys сертифіковано для аерокосмічного застосування.



Рисунок 3.39 – Поліфенілсульфон використовується у виробництві розвідувальних безпілотників

Полісульфон, PSU

Характеристики:

- Прозорий аморфний матеріал.
- Допускає короткочасне нагрівання до 200 град.
- Температура тривалої експлуатації до 160 град. З.
- Витримує охолодження до -100 °С.
- Температура скловання: 190 – 195 град.

- Має високу жорсткість. Стійкість до ударних навантажень нижче, ніж у PC. Має високу хімічну стійкість. Висока стійкість до гідролізу (вище ніж у PAR, PEI, LCP, PAI).

- Один із небагатьох матеріалів, який може працювати у киплячій воді під навантаженням. Має відмінні діелектричні властивості у широкому діапазоні температур та частот. Нетоксичний. Не має запаху. Біологічно інертний. Рекомендується для точного лиття. Відрізняється низьким коробленням та дуже високою розмірною стабільністю.

- Повзучість полісульфону при 100 град. менше ніж у сополімерів формальдегіду або АБС-пластику при кімнатній температурі.

- Допускає стерилізацію всіх видів.

Менш поширений у порівнянні з PPSU, має схожі фізичні характеристики, хімічно інертний, самозагасаючий. Робоча температура - 175 град. С, до 33% дешевше в порівнянні з PPSU.



Рисунок 3.40 – 3D-друкарська панель із PSU американського військового вертольота Chinook компанії Boeing

3D-друк металом дає на виході вироби, міцність яких часто перевершує зразки, отримані литтям. Застосування 3D-друку металами значно скорочує технологічний процес, дозволяючи отримати будь-яку деталь у одиничному екземплярі або мікросерії.

В оборонній промисловості широко використовується 3D-друк сталлю, титаном, міддю та іншими металами та сплавами.



Рисунок 3.41 – дослідний зразок гранатомета RAMBO (Rapid Additively Manufactured Ballistics Ordnance), що складається з 3D-друкованих деталей з металу та різного типу пластику

Застосування

У січні компанія GE повідомила про успішні випробування авіаційного двигуна Advanced Turboprop з 3D-друкарськими частинами.

Це цивільний двигун, але застосування 3D-друку дозволило йому скинути близько 45 кілограмів ваги та покращити згоряння палива на 20%, що на 10% збільшило потужність. Уявіть, які здібності це відкриває для військової авіації.

Цієї весни стало відомо, що фахівцям Кабардино-Балкарського державного університету (КБГУ) дали державний грант на розвиток цієї теми. Університет розроблятиме три нові конструкційні полімерні матеріали для оборонки та

аерокосмічного виробництва. Сума гранту – 200 мільйонів рублів. Матеріали використовуватимуться як у традиційному виробництві, так і в 3D-друку, що значно розширить сферу їх застосування.

Концерн "Алмаз-Антей" збирається випустити свій перший 3D-принтер цього року. Спочатку це буде звичайний FDM для друку пластиком. Потім концерн має намір перейти на апарати для друку металом, необхідні передусім самому концерну - для виробництва елементів систем озброєння, зокрема - ЗРК. Створювати принтери передбачається зі 100% вітчизняних комплектуючих, що підніме їхню ціну вдвічі порівняно з європейськими та американськими зразками. Тим не менш, керівництво концерну розраховує на гарний попит на такі апарати з боку інших вітчизняних компаній авіаційної та оборонної галузей - відсутність імпортних деталей у обладнанні, що поставляється, дуже важливо, з точки зору політики імпортозаміщення.

За кордоном 3D-друк конструкційними пластиками та металами успішно застосовують такі гіганти як Boeing, GE, DARPA та інші. Кошти на розробку та застосування вливаються колосальні, сумнівів у доцільності давно ні в кого не виникає.

Обладнання

Для роботи з інженерними пластиками принтер повинен мати високотемпературний екструдер. Тут можна виділити два класи обладнання. Молодший – до 300 град С, цього достатньо для модифікацій ABS, полікарбонату та поліамідів. Старший - вище 300 град. С. Для PEEK або Ultem потрібно близько 400 град.

Екструдер – це ще не все. Підігрівається платформа або вакуумний стіл - обов'язкова умова для утримання деталі на місці. І друк повинен відбуватися в ізольованій від зовнішнього світу робочій камері, за допомогою заданої температури. Недотримання режиму призводить до деформації або порушення цілісності об'єкта, що друкується.

Intamsys

Китайський виробник пропонує чотири моделі 3D-принтерів. Базові Funmat і Funmat Pro працюють зі звичними пластиками, від PLA до нейлону та композитами. Funmat HT та Funmat Pro HT вже здатні друкувати з PEEK, Ultem та PPSU.

Характеристики:

- Робоча камера: 260 x 260 x 260 мм;
- Товщина шару: 50 мкм;
- Діаметр сопла: 0,4 мм;
- FUNMAT: температура екструдера до 280 ° C, столу - до 150 ° C;
- FUNMAT HT: температура екструдера до 450 ° C, столу - до 160 ° C.

Компактні принтери із закритою робочою камерою, у HT-версії вона оснащена підігрівом, максимальна температура 90 град.

Intamsys FUNMAT PRO, FUNMAT PRO HT

Характеристики:

- Робоча камера: 450 x 450 x 600 мм;
- Товщина шару: 50 мкм;
- Діаметр сопла: 0,4 мм;
- FUNMAT PRO: температура екструдера до 280 ° C, столу - до 150 ° C, камери - до 60 ° C;
- FUNMAT PRO HT: температура екструдера до 450 ° C, столу - до 160 ° C, камери - до 120 ° C.

Промислові принтери для друку великих деталей високотемпературних пластиків, оснащені підігрівом робочої камери.

Висновки

Сучасні військово-промислові комплекси різних країн активно застосовують об'ємний друк як спеціальними конструктивними пластиками, і металами. Вже не можна уявити сучасне військове виробництво без адитивних технологій та інших

елементів цифрового виробництва. Застосування останніх досягнень техніки завжди забезпечувало перевагу у військовій силі та захисному потенціалі країн світу, і друге десятиліття XXI століття не стало винятком.

ВИСНОВКИ

В рамках даної випускної кваліфікаційної роботи був проведений аналіз VR/AR технологій, історія появи та етапи їх становлення. Визначені їх параметри та особливості. Також в рамках цього аналізу було досліджено історія появи 3D друку, розвиток та особливості даної галузі. На основі проведеного аналізу був визначений процес взаємодії VR та 3D друку.

На основі розробленого сценарію застосування 3D моделювання для AR були визначені напрямки застосування, та подальшого розвитку даної технології. На основі цього сценарію був проведений огляд цієї технології, особливостей її роботи та переваг. Окрім цього були визначені фактори які впливають на вартість 3D-моделювання. Ретельно розкриті процеси безконтактного 3D сканування, створення віртуальних прототипів продуктів, анімації графіки.

На основі досліджень розкритих в цій роботі проведено аналіз симбіозу VR технології та 3D друку. Розглянуто застосування VR/AR та 3D друку у сучасному суспільстві. Ретельно проаналізовано застосування AR та 3D-друк в архітектурі, VR в освіті. Розглянута можливість застосування технології AR/VR у військовій промисловості. Вказанно як зараз технології 3D-друку конструкційними пластиками та металами вже застосовується у військовій промисловості.

Результатом магістерської роботи є розкриття величезних перспектив технології AR/VR, розкриті особливості 3D моделювання та розглянуто застосування і перспективи 3D-друку у сучасності та майбутньому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Myron W. Krueger, Artificial Reality (1983), Artificial Reality II (1991)
2. Яковлев Б. С., Пустов С. І. Класифікація та перспективні напрямки використання технології доповненої реальності // Вісті Тульського державного університету. Технічні науки. - 2013.
3. Крохмаль А.С., Казакова Н.Ю. Застосування 3D-друку у формуванні образу сучасних міських просторів.// Вісник МДХПА "Декоративне мистецтво та предметно-просторове середовище"
4. <https://www.blender.org/get-involved/documentation/>

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Магістерська робота на тему:

«Дослідження інформаційних технологій 3D моделювання з адаптацією в VR/AR»

Виконав: студент групи ІСДМ-61 Квас Лев Олексійович

Керівник: Бондарчук Андрій Петрович




- 
- 1) Мета магістерської роботи - дослідити перспективи технології 3D моделювання з адаптацією в VR/AR та 3D друку.
 - 2) Об'єкт дослідження – інформаційні технології 3D моделювання з адаптацією в VR/AR.
 - 3) Предмет дослідження – процеси створення технології 3D моделювання з адаптацією в VR/AR та 3D друку.
 - 4) Наукова новизна магістерської роботи - полягає в визначенні перспектив розвитку технології VR/AR та 3D друку.



Рисунок 1.1 – Застосування VR у сучасності

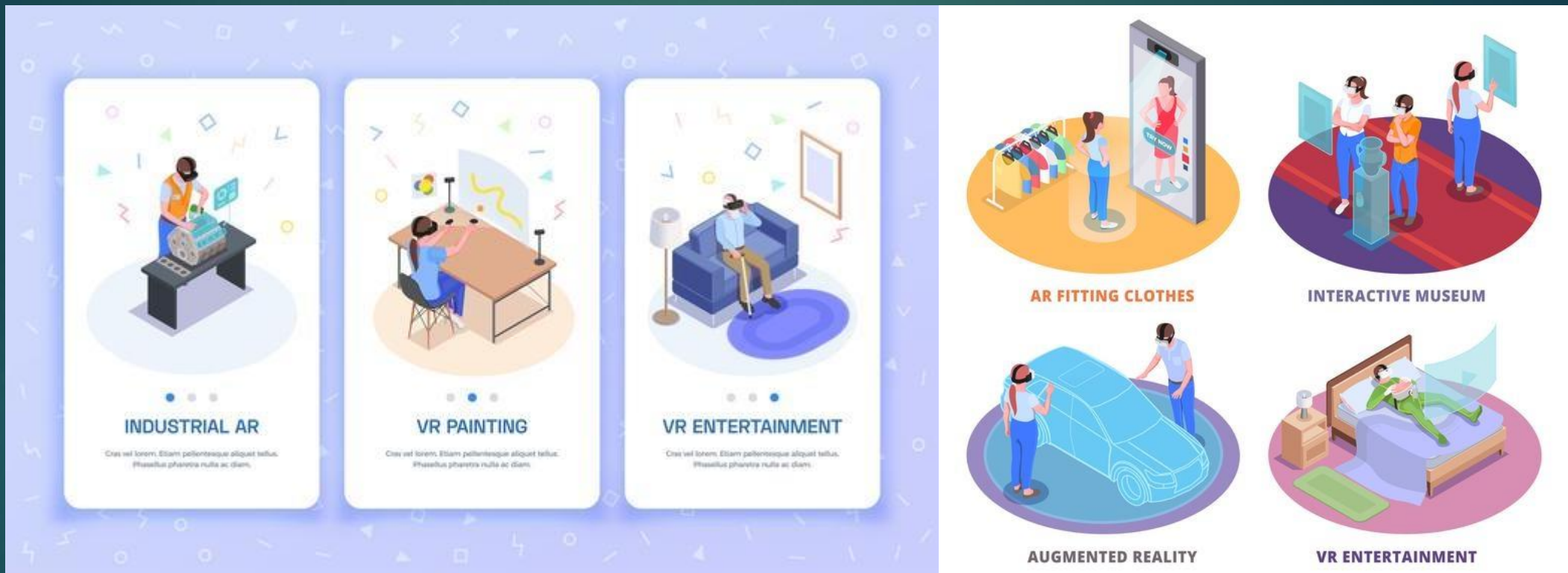
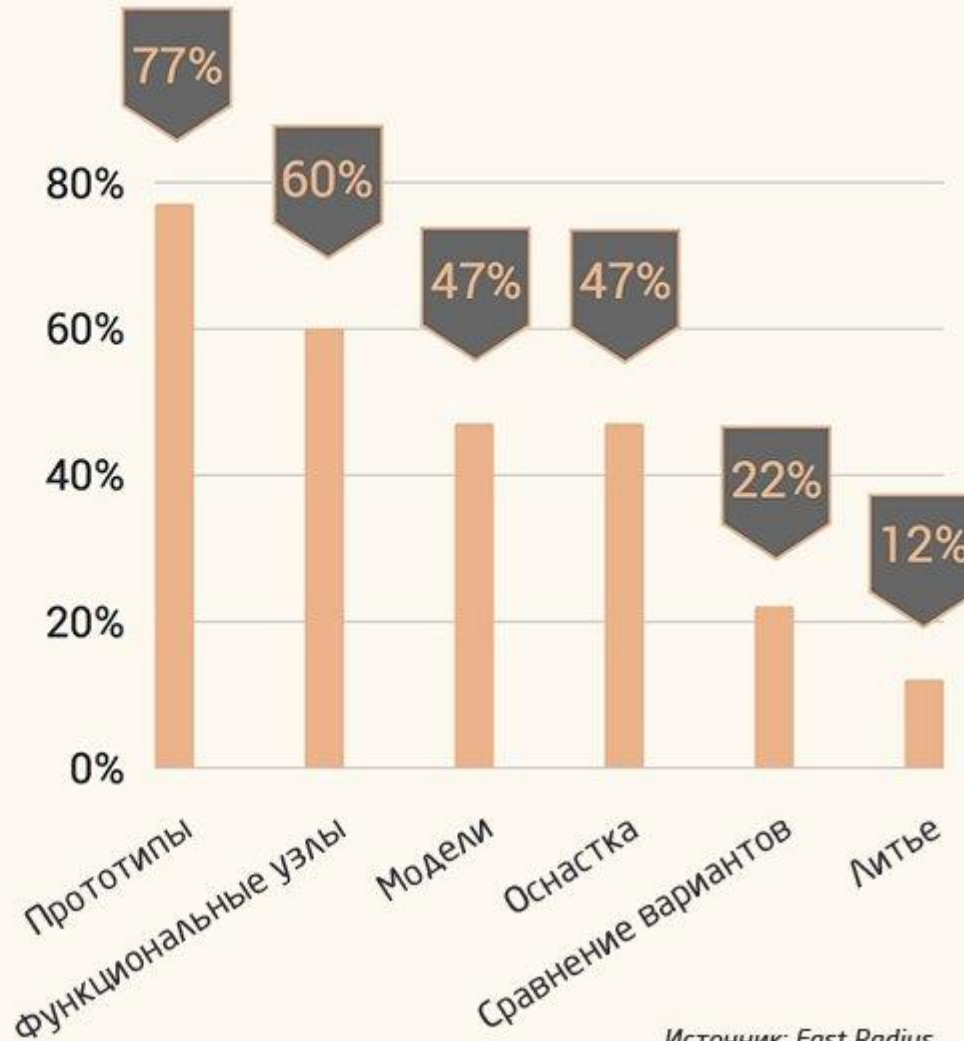


Рисунок 1.2 - Застосування AR у сучасності

ДЛЯ ЧЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛИ ИСПОЛЬЗУЮТ 3D-ПЕЧАТЬ

Сколько производителей применяют 3D-печать для изготовления функциональных узлов

60%



Источник: Fast Radius

Рисунок 1.3 – Застосування 3D друку

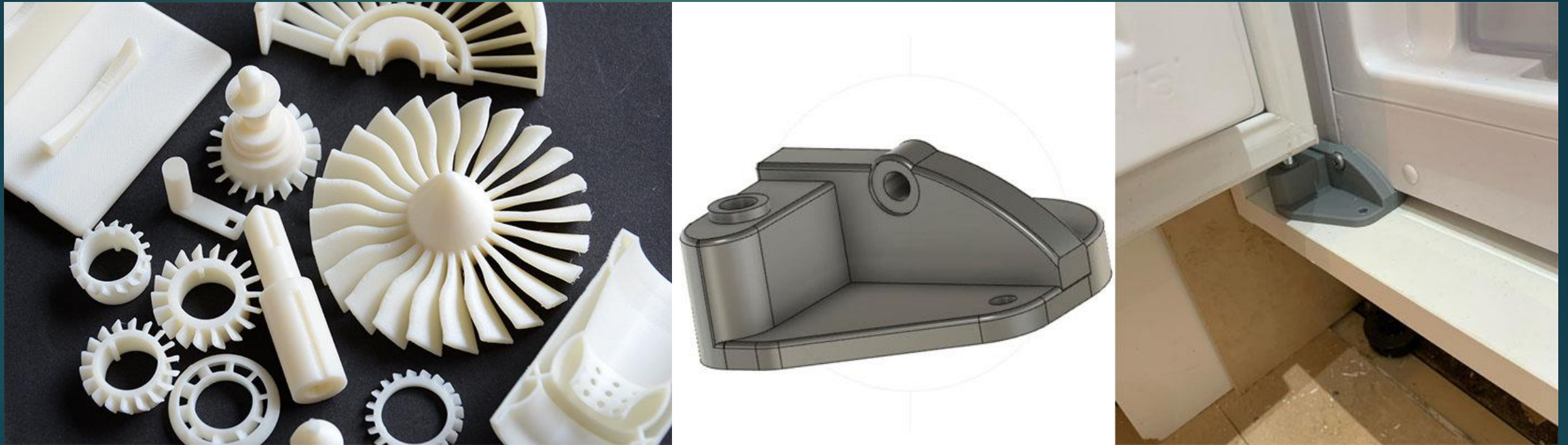


Рисунок 1.4 - Переваги 3D друку



VS



VS



VS



VS



Рисунок 1.5 – порівняння програм для 3D



Рисунок 1.6 – Процесс підготовки 3D від старту до використання

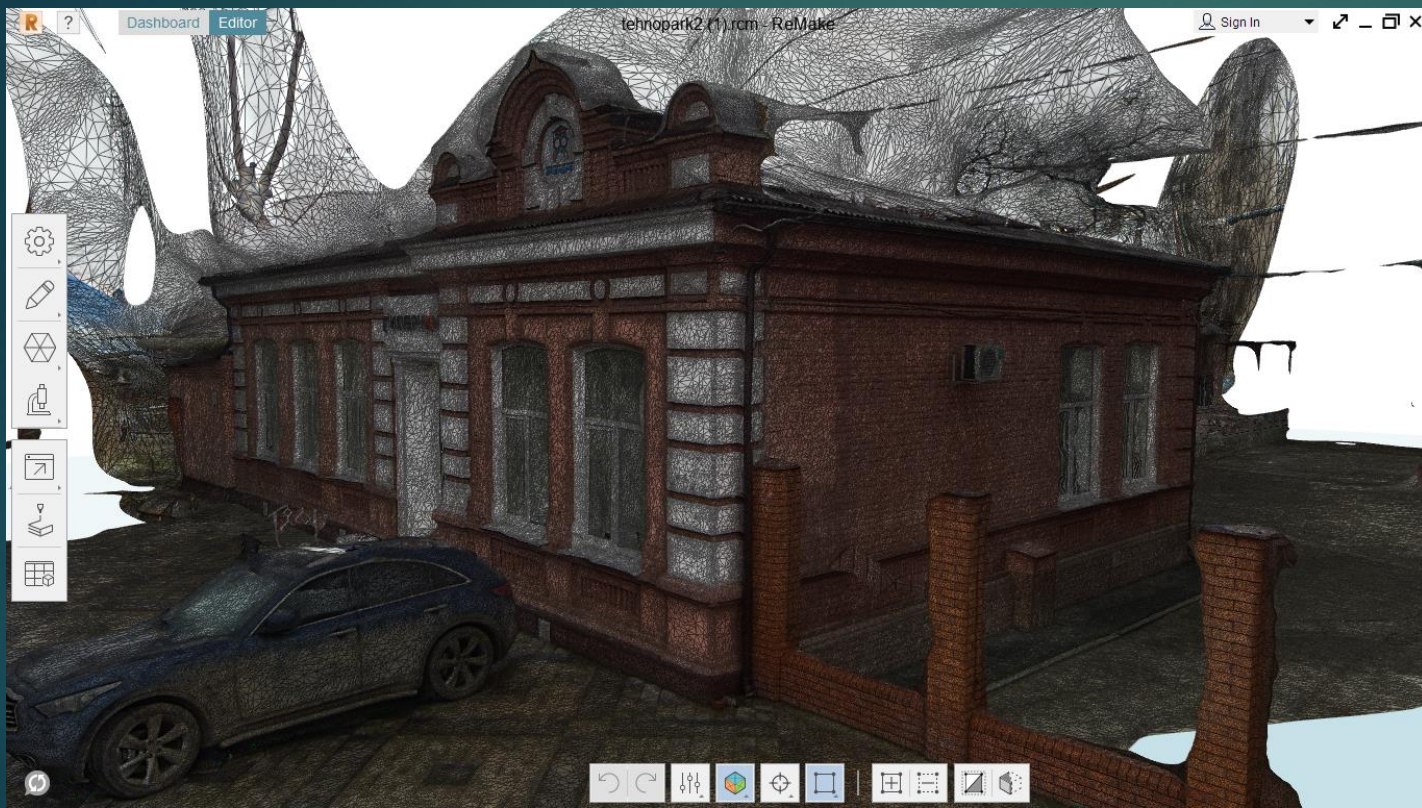


Рисунок 1.7 – Фотоскан чи ручне моделювання



Рисунок 4.2 – Моушен кепчер чи ручна анімація

Висновок

- ▶ В рамках даної випускної кваліфікаційної роботи був проведений аналіз VR/AR технологій, історія появи та етапи їх становлення. Визначені їх параметри та особливості. Також в рамках цього аналізу було досліджено історія появи 3D друку, розвиток та особливості даної галузі. На основі проведеного аналізу був визначений процес взаємодії VR та 3D друку.
- ▶ На основі розробленого сценарію застосування 3D моделювання для AR були визначені напрямки застосування, та подальшого розвитку даної технології. На основі цього сценарію був проведений огляд цієї технології, особливостей її роботи та переваг. Окрім цього були визначені фактори які впливають на вартість 3D-моделювання. Ретельно розкриті процеси безконтактного 3D сканування, створення віртуальних прототипів продуктів, анімації графіки.
- ▶ На основі досліджень розкритих в цій роботі проведено аналіз симбіозу VR технології та 3D друку. Розглянуто застосування VR/AR та 3D друку у сучасному суспільстві. Ретельно проаналізовано застосування AR та 3D-друк в архітектурі, VR в освіті. Розглянута можливість застосування технології AR/VR у військовій промисловості. Вказанно як зараз технології 3D-друку конструкційними пластиками та металами вже застосовується у військовій промисловості.
- ▶ Результатом магістерської роботи є розкриття величезних перспектив технології AR/VR, розкриті особливості 3D моделювання та розглянуто застосування і перспективи 3D-друку у сучасності та майбутньому.

Дякую за увагу!