

УДК 621.914

Г.М. Виговський, к.т.н., проф.

О.А. Громовий, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Проведено аналіз архітектури сучасних систем віртуальної реальності, які використовуються для промислового проектування деталей і вузлів, визначені їх основні переваги і недоліки. Розглянуті можливості програмного забезпечення для віртуального конструювання і прототипування. Проаналізовані можливості застосування технологій віртуальної реальності в промисловості.

Актуальність проблеми. Технології віртуальної реальності використовуються при проектуванні складних систем (авіаційна, автомобільна промисловість, машинобудування і т. п.) для візуалізації проектування деталей і вузлів, яке дозволяє проводити кінематичний аналіз виробу, уточнювати роботу деталей і механізмів ще до реалізації деталей в кінцевому вигляді. Це дозволяє виконувати прототипування деталей і збірок на ранніх стадіях проектування, в том числі і етапі ескізного проекту.

Динамічний аналіз контактної взаємодії дозволяє перетворити модель в реальний механізм: при переміщенні тих чи інших деталей контролюється їх взаємодія з оточенням. Якщо окремі деталі повністю зафіксовані або не мають жодного ступеня свободи, то при контакті з нею механізм буде зупинятися, що відображає реальні проблеми в роботі готового виробу.

Такі інструменти дозволяють реалізувати правильне взаємне розташування деталей в збірках, перевіряти механізми на заклинювання, імітувати рухи деталей в збірках.

Автоматизовані інструменти контролю взаємного перетину деталей в збірках дозволяють правильно визначити посадки деталей. Існують можливості контролю параметрів довжини, кута, діаметра, периметра, площі, об'єму і маси.

Віртуальним прототипам надаються властивості реальних матеріалів, що дозволяє правильно визначити масу деталей, положення центру мас і т. п.

Сучасні системи віртуальної реальності забезпечують значне підвищення продуктивності конструкторських робіт і створення високоякісних прототипів вузлів і збірок.

Використання центрів віртуальної реальності (імерсійних центрів) дозволяє одержати істотний економічний ефект за рахунок відмови від створення фізичних прототипів, скорочення часу розробки, затрат праці і покращити якість розроблених виробів.

Мета роботи. Полягає в розгляді переваг і недоліків існуючих систем віртуальної реальності щодо можливості їх використання в машинобудуванні для візуалізації складних деталей, збірок, а також процесів механічної обробки та основних проблем, які необхідно вирішити для їх широкого застосування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота пов'язана з виконанням НДР Житомирського державного технологічного університету "Удосконалення процесів обробки плоских поверхонь деталей торцевим фрезеруванням" РК № 01060013148 та "Прогресивні інструменти та технологічні процеси для виготовлення деталей верстатів" РК № 01060013149, а також з Європейським проектом Темпус "Computer Aided Industrial Design Training for Ukrainian Engineers" ("Навчання українських інженерів комп'ютерному промислового проектуванню (дизайну)").

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Віртуальна реальність (від лат. *virtus* – потенційний, можливий, і лат. *realis* – дійсний, існуючий) – створюваний технічними засобами світ, який передається людині через його звичні для сприйняття матеріального світу відчуття [1].

Віртуальне середовище (Virtual Environment) дозволяє створити ефект занурення, який є специфічною відмінністю від звичайних систем тривимірної графіки широко доступних на персональних комп'ютерах.

Сучасні системи віртуальної реальності це: візуалізація в реальному часі, взаємодія з 3D-системами створення об'ємних зображень, моделювання, інтуїтивне введення інформації [1–28].

Основні пристрої систем віртуальної реальності:

- 1) для вводу інформації (пристрої трекінгу, рукавички);
- 2) для виведення інформації (імерсивні дисплеї, тактильні пристрої, просторовий звук).

Поняття штучної реальності було вперше уведене Майроном Крюгером (Мугон Krueger) наприкінці 1960-х. В 1989 році Джарон Лан'єр запропонував сучасний термін "віртуальна реальність" [1, 12, 13].

До систем віртуальної реальності помилково відносять системи 3D-візуалізації, у яких формується високореалістичне зображення (у тому числі стереоскопічне), але відсутня інтерактивність.

Основними ознаками, за якими система 3D-візуалізації може бути віднесена до класу "віртуальна реальність", є:

- 1) система оснащена двонаправленим інтерфейсом (вхід – координати зорових сенсорів, вихід – зображення);
- 2) зображення є стереоскопічним;
- 3) зображення погоджене з координатами зорових сенсорів;
- 4) час відновлення зображення у відповідь на зміну координат сенсорів не перевищує 1/16 с.

Протягом останнього десятиліття інтенсивно розвиваються також системи привнесеної і змішаної реальності (Augmented Reality і Mixed Reality). Функціонування цих систем засновано на точному сполученні на сітківці ока зображень об'єктів реального та віртуального середовищ. Для цього використовуються або напівпрозорі екрани (через які видно реальне середовище), або на непрозорому екрані із зображення, отриманими відеокамерами, і синтезовані комп'ютером [24].

Таким чином, у системах Augmented/Mixed Reality зорові сенсори не ізольовані повністю від реального середовища, і на них одночасно впливають подразники, частина з яких має природне, а частина – штучне походження.

1. Архітектури існуючих систем віртуальної реальності

На даний момент, найбільш якісні системи віртуальної реальності (Virtual Environment, Virtual & Augmented Reality) для професійних цілей створюються на базі проєкційних систем з використанням стереоскопічної візуалізації та спеціальних графічних кластерів. Це дозволяє отримати необхідну якість занурення у віртуальне середовище та створює можливість роботи з ним з високим ступенем інтерактивності (рис. 1).

Дана система віртуальної реальності являє собою систему стереоскопічної проєкції, що дозволяє сприймати групі глядачів об'ємну інформацію. Для сприйняття об'ємної інформації необхідні спеціальні окуляри.

Система VE Mobile може виконуватися у варіанті зворотної або прямої проєкції та має розмір екрана від 1,5 м по діагоналі, комплектується графічним генератором, 3D-мишею, рукавичками з системою трекінга для відстеження положення користувача перед екраном.

Дана система активно використовується в машинобудівній, авіаційній та інших індустріях для відображення складних деталей і зборок.

На рис. 2 представлені проєкційні системи віртуальної реальності VE 1wall, 2wall.

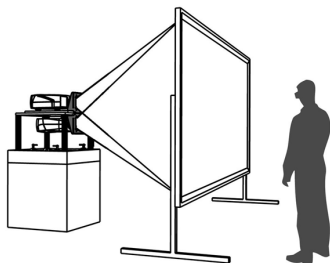


Рис. 1. Мобільна система 3D-візуалізації VE Mobile [11]



Рис. 2. Проєкційні системи віртуальної реальності VE 1wall, 2wall

Проєкційні системи віртуальної реальності VE 1wall, 2wall мають широкий екран, розмір якого може досягати 10 м і мати розподільчу здатність в декілька млн пікселів, забезпечують достатній рівень занурення та інтерактивності для колективної роботи групи експертів з різних областей знань і комплектуються всім необхідним спектром VR периферії.

Одним із найбільш широких застосувань проєкційних систем віртуальної реальності класу VE 1wall, 2wall є системи віртуального прототипування (CAD/CAM/PLM) в машинобудуванні.

Відомим комплексом візуалізації сцен 3D віртуальної реальності в машинобудуванні є система WorkBench (рис. 3).



*Рис. 3. Система **WorkBench** візуалізації сцен 3D віртуальної реальності в машинобудуванні [10]*

WorkBench – це система занурення в віртуальне середовище з одним екраном для спільної роботи в середовищі **COVISE** інженерів та спеціалістів, які знаходяться в різних географічних місцях, через глобальну комп'ютерну мережу Internet з підтримкою різних комп'ютерних платформ.

Проекційні системи віртуальної реальності 3D table

Системи класу 3D table мають розмір екрана по діагоналі до 2,5 м і мають високу розподільчу здатність. Системи можуть переміщуватися по приміщенню та є відмінним інструментом для занурення у віртуальну інтерактивну модель досліджуваної ситуації для колективу експертів. Так само відмінною рисою систем такого класу є можливість повороту екрана в горизонтальну площину та фактично перетворення в систему візуалізації у вигляді стола.

Кімнати віртуальної реальності класу VE Room, VE Nwall (CAVE)

На даний момент проекційні системи віртуальної реальності класу Cave Automatic Virtual Environment є найпопулярнішими віртуальними системами на сьогоднішній день. Вони представляють собою проекційну систему віртуальної реальності, у якій 3D-візуалізація здійснюється на спеціальні екрани (від 2 до 6 екранів у вигляді кімнати – повне занурення). Кімната VR має розмір 3x3 м і дозволяє 1–3 користувачам перебувати у віртуальному середовищі з найбільшим ефектом занурення, доступним на даний момент.

Дані системи комплектуються всією необхідною VR периферією та супутнім устаткуванням, що дозволяє відслідковувати рухи очей користувачів, рухи голови, рухи користувача в кімнаті і так само інтерактивно управляти віртуальними об'єктами. При необхідності кімната VE Room комплектується пристроями зворотного зв'язку різних типів (Haptical Devices).

Кімнати віртуальної реальності активно використовуються в усьому світі для проведення наукових досліджень, проектування складних пристроїв і віртуального прототипування та тестування.

На рис. 4 представлена кімната віртуальної реальності **EON ICUBE**.

EON ICUBE – це революційна комп'ютерна технологія занурення у віртуальне середовище, яка основана на передових технічних засобах створення відеозображення і 3D-звуку.

Як правило, існуючі системи типу CAVE є надто громіздкими, складними у використанні і мають велику вартість. На відміну від них **EON ICUBE** є легким у використанні, забезпечує високу швидкість

створення віртуального контенту, використовує нові рідкі матеріали для покращення відеозображення.

Система повністю сумісна з існуючими системами трекінгу і вводу інформації. Середовище утворюють з 3,4 або 6 стін залежно від вимог користувачів.

Використання інфрачервоних випромінювачів, найсучасніших проєкторів і стереоскопічних легких окулярів затворного типу дає ілюзію повного занурення у віртуальне середовище. Електромагнітні трекери 6DOF забезпечують постійний моніторинг положення користувача, забезпечують вільний його рух у середовищі.

Голографічні системи віртуальної реальності

Однією із передових систем голографічного відтворення 3D-зображення є система EON Holographic від EON Reality, Inc [2].

EON Holographic – це голографічна система для відтворення в просторі повнорозмірного, повнокольорового 3D-зображення. Для відтворення відео необхідно лише один проєктор (рис. 5).

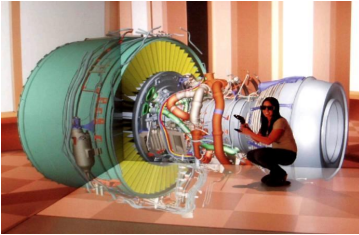


Рис. 4. Кімната віртуальної реальності EON ICUBE [2]



Рис. 5. EON Holographic – голографічна система відтворення в просторі 3D-зображення [2]

Панорамна система візуалізації VE Panorama

Проекційні системи віртуальної реальності VE Panorama (рис. 6) мають циліндричний екран (до 180°) і розподільчу здатність у кілька млн пікселів, забезпечують достатній рівень занурення та інтерактивності для колективної роботи групи експертів з різних областей знань, а також для презентацій.



Рис. 6. Панорамна система візуалізації VE Panorama [10]

Найбільш широке застосування проєкційні системи віртуальної реальності класу VE Panorama знаходять в області віртуального прототипування (CAD/CAM/PLM), в нафтогазовій галузі, авіа- і автомобілебудуванні і т. п.

Цифрові проєкції на купол VE Dome

Проєкційні системи з візуалізацією на купол (180x180°) використовуються для створення спеціалізованих симуляторів і складних інсталяцій.

Сучасні можливості зі створення контенту для купольних систем дозволяють демонструвати як інтерактивну real-time графіку з високою розподільчою здатністю, так і відеозображення, що за якістю багаторазово перевищує формат HD.

Системи відтворення проєкцій на складні поверхні

Сучасний розвиток проєкційної техніки та комп'ютерної графіки дозволяє створювати інсталяції, де проєкція може здійснюватися на складні поверхні: (купол, півсфера, куля, конус, циліндр і ін. викривлені поверхні).

3D-дисплеї та 3D-монітори

3D-стереовізуалізація починає широко застосовуватися в системах візуалізації процесів машинобудування.

3D-стереомонітори і 3D-дисплеї використовуються для різних завдань і виконані за різними оптичними схемами.

На даний момент доступні наступні рішення:

1. Enable3d – безокулярні автостереоскопічні 3D-дисплеї для візуалізації складних об'єктів.

2. Stereo Pixel – професійні 3D-стереомонітори з використанням стерео 3D-окулярів. Використовуються для тривалої безперервної роботи.

3. Zalman – 3D-стереомонітори для перегляду 3D-стереофільмів з використанням стерео 3D-окулярів (кругова поляризація, черезстрокова поляризація, технологія Arisawa).

Автостереоскопічні дисплеї Enable3D

Автостереоскопічні дисплеї не вимагають спеціальних окулярів, що робить їх зручними для використання.

3D-дисплеї Enable3D (Indoor TV, Digital Signage) широко використовуються для створення презентацій, а також в сфері дизайну обладнання.

Технологія Enable3D на даний момент є оптимальним рішенням за співвідношенням ціна/якість на ринку та дозволяє швидко створювати 3D-відеопрезентації для демонстрації на 3D-дисплеях.

Дзеркальні 3D-монітори Stereo Pixel

Дзеркальні стереодисплеї забезпечують найбільш якісне та комфортне стереозображення серед доступних на ринку конструкцій. Принцип їх дії заснований на сполученні ортогонально-поляризованих зображень 2 рідкокристалічних дисплеїв за допомогою напівпрозорого дзеркала та наступної сепарації лівої–правої половини стереопари через пасивні поляризаційні окуляри.

Бінокулярні і монокулярні шоломи віртуальної реальності VE & VR

Шоломи віртуальної реальності HMD (Head Mounted Display) відносяться до класу систем візуалізації. За типом застосування істотно відрізняються від проєкційних систем VE & VR. Шоломи VR мають свої переваги та недоліки. Існують варіанти виконання шоломів віртуальної реальності в бінокулярному варіанті (рис. 7) (з можливістю включення і відключення 3D-стерео), існують також варіанти з можливістю використання технології Augmented Reality (привнесеної віртуальної реальності). Також існують варіанти HMD у монокулярному виконанні. Шоломи віртуальної реальності можуть бути оснащені вбудованим або зовнішнім трекінгом, що істотно підвищує ефект взаємодії з віртуальним середовищем.

Існуючі рішення HMD:

- 1) Trivisio – легкі та зручні шоломи віртуальної реальності для професійного застосування;
- 2) Cyber mindl – професійні шоломи віртуальної реальності з режимом SXGA і HI-END;
- 3) 55DT HMD – шоломи віртуальної реальності для професійних цілей з кутом огляду по діагоналі 26°.

Монокулярні системи візуалізації представлені на рис. 8.

Шолом віртуальної реальності Cybermind Visette45 SXGA пропонує нову технологію відображення з повним зануренням у віртуальну реальність. Міцний і комфортний, дизайн Visette ефективно дозволяє підключати широкий вибір трекерів. HMD комплектується повноцінними навушниками та важить 750 г.



Рис. 7. Шоломи для *mix reality* (змішаної віртуальної реальності) *Trivisio AR-Vision*



Рис. 8. Монокулярна система візуалізації *Trivisio Monocular M3*

Visette використовується рядом провідних компаній та науково-дослідними інститутами, такими як Brown University, Космічне агентство NASA, University of Delft, Канадське космічне агентство, Lockheed Martin, TNO, MI Boston та ін.

Периферія VE & VR

Периферія VE & VR є невід'ємною частиною систем віртуальної реальності і дозволяє інтерактивно взаємодіяти користувачеві систем VE & VR з віртуальним середовищем.

Системи трекінга, Tracking systems / Motion Capture, Mocap

До трекінгових систем відносять системи відстеження положення очей користувача (трекери очей) і відстеження положення самого користувача і його голови (трекери руху). Вони необхідні для правильної генерації зображення для очей користувача системою віртуальної реальності залежно від положення та напрямку зору користувача.

Використання таких систем дозволяє інтерактивно взаємодіяти з віртуальною графічною сценою, використання разом із проєкційними системами VE & VR дозволяє домогтися ефекту сприйняття інформації аналогічно голографії. Існують різні системи трекінга: гіроскопічні, лазерні, оптичні, ультразвукові, електромагнітні та ін.

Системи оптичного трекінга

1. A.R.T. – інфрачервоний оптичний трекінг, tracking / motion capture, мосар компанії Advanced Realtime Tracking Gmb для проєкційних систем VE & VR.

2. InterSense – гіроскопічний / інерційний і комбінований трекінг компанії InterSense для шоломів віртуальної реальності.

Тактильні пристрої

До тактильних пристроїв, які ефективні при їх використанні для створення симуляторів і тренажерів, інтерактивного віртуального прототипування та ін., належать [16]:

1. FORCE DIMENSION – професійні 3 DOF і 6 DOF рішення зі зворотним тактильним зв'язком для симуляторів і тренажерів, робототехніки.

2. Naption – професійні 3 DOF і 6 DOF рішення зі зворотним тактильним зв'язком для віртуального прототипування, моделювання ремонтопридатності, ергономіки.

Рукавички віртуальної реальності (VR Gloves)

Рукавички віртуальної реальності призначені для відстеження положення рук і пальців користувача в просторі, а так само інтуїтивно зрозумілого керування інформацією. Існують варіанти рукавичок віртуальної реальності зі зворотним тактильним зв'язком – Force Feedback.

Рукавички VR використовуються для створення тренажерів і симуляторів, систем керування та ін.

3D-маніпулятори, просторові миши

3D-маніпулятор являє собою пристрій тривимірного позиціонування з кулькою або джойстиком (6 ступенів свободи) для роботи в системах тривимірного проєктування або в додатках, які вимагають контролю переміщення у віртуальному 3D-просторі (наприклад, 3DVIA Virtools). Встановлено, що швидкість роботи конструкторів при тривимірному моделюванні збільшується, навіть якщо його кнопки не натискаються.

Аналіз наведених вище тактильних пристроїв дозволяє встановити, що вони мають наступні переваги і недоліки при використанні:

- цифрові рукавички (переваги – від 17 до 23 сенсорів для відслідковування рухів пальців, недоліки – не надто точні, безальтернативні на даний момент);
- просторові миши (переваги – 6 ступенів свободи руху);
- рухомі в просторі вказівки і джойстики (переваги – 6 ступенів свободи руху + кнопки).

2. Програмне забезпечення для віртуального конструювання і прототипування

Передовим інструментарієм для створення інтерактивних 3D-демонстрацій для систем віртуальної реальності і 3D web є програмне забезпечення 3DVIA Virtools від компанії Dassault Systemes S.A. (рис. 9).



Рис. 9. Віртуальні моделі на базі використання програмного забезпечення 3DVIA Virtools

Даний програмний продукт дає можливість створення інтерактивних демонстрацій з можливістю розміщення їх в Інтернеті. Користувачі можуть заходити по зазначеній адресі та переглядати демонстрацію прямо у веб-сторінці.

Центр віртуальної реальності компанії Peugeot Citroen широко використовує технології Virtools для тестування нового дизайну, візуальної ергономіки й сприйняття якості автомобіля. Завдяки цій технології конструктори можуть віртуально зайняти місце водія, щоб перевірити, наскільки нові моделі забезпечують максимальний комфорт і зручність використання.

Компанія PSA Peugeot Citroen інтегрувала Virtools у свою систему проектування автомобілів (Automotive Design Network). Платформа Virtools служить для розробки та впровадження імерсійних демонстрацій у масштабах всієї компанії. Virtools забезпечує глобальну платформу розробки й впровадження, призначену для перегляду розроблювальних конструкцій, зборок, спільного перегляду проектів в Інтернеті тощо.

Відомо, що для розробки інтерактивних 3D-додатків існує досить велика кількість готових рішень різної якості й цінової категорії. Однак Virtools на даному ринку займає особливу позицію. Він практично не вимагає знань програмування, тому що процес розробки в основному візуальний.

Програмування в середовищі Virtools відбувається за допомогою спеціальних блок-схем. Кожний блок є набором функцій. Таким чином, конструктор може створювати досить складні інтерактивні 3D-середовища.

Virtools підтримує велику кількість периферії віртуальної реальності – трекери, кластери, проектори та інше.

Пакет програм для моделювання віртуальних середовищ EON Studio, Ultra від Eon Reality, Inc

Eon Studio, Ultra – це програмне забезпечення, яке дозволяє користувачам з різним досвідом програмування швидко будувати завершені інтерактивні 3D-додатки віртуальної реальності [2].

Продукт від компанії Eon Reality, Inc дає широкі можливості побудови віртуальних середовищ в області машинобудування, дизайні промислового верстатного обладнання.

EON взаємодіє з програмним забезпеченням, що підтримує компонент Microsoft ActiveX і допомагає конструктору і інженеру швидко втілити свої ідеї у життя.

Система моделювання віртуальної реальності VRML (Virtual Reality Modelling Language)

VRML (Virtual Reality Modeling Language – мова моделювання віртуальної реальності) – стандартний формат файлів для демонстрації тривимірної інтерактивної векторної графіки, найчастіше використовується в WWW [22].

VRML – це текстовий формат файлів, де, наприклад, вершини та грані багатокутників можуть бути вказаними разом з кольором поверхні, текстурою, прозорістю і так далі. URL можуть бути пов'язаними з графічними компонентами, таким чином, що веб-браузер може отримувати веб-сторінку або новий VRML-файл із мережі Інтернет тоді, коли користувач натискає кнопку миши на якомусь графічному компоненті. Рухи, звуки, освітлення та інші аспекти віртуального середовища можуть з'являтися як реакція на дії користувача або на інші зовнішні події, наприклад, таймери. Особливий компонент Script Node дозволяє додавати програмний код (наприклад, Java або JavaScript (ECMAScript)) к VRML-файла.

VRML також продовжує використовуватися як файловий формат для обміну 3D-моделями, особливо в САПР.

Система віртуального макетування Virtual Mockup від UG

Система UG являє собою інтегрований комплекс CAD/CAM/CAE, що забезпечує автоматизовану підтримку всіх етапів розробки складних виробів і конструкцій, включаючи проектування, інженерний аналіз і підготовку до виробництва. Кожному з етапів відповідає свій

набір функціональних модулів. Модулі об'єднані загальним інтерфейсом і базою даних, у якій зберігається повний опис проєктованого виробу – головна або майстер-модель [20].

На початкових стадіях проєктування відбувається уточнення і деталізація конструкції, необхідні при переході від одного етапу до іншого. Пакет Unigraphics підтримує паралельне проєктування – всі етапи розробки деталей, вузлів і складань можуть виконуватися одночасно групою фахівців різних профілів. Система забезпечує актуальність головної моделі і паралельний доступ до бази даних у розподіленому середовищі проєктування. Як відомо, паралельний режим розробки виробів сприяє істотному скороченню строків впровадження нової продукції.

Дана система, що надає користувачам засобу інтерактивного динамічного моделювання складних багатокomпонентних виробів, входить до складу пакета Unigraphics. Для забезпечення рішення таких завдань, як візуалізація, складання/розбирання вузлів, функціональне тестування виробів і компонентів у пакет Unigraphics включені засоби віртуальної реальності. Нові можливості забезпечують паралельну роботу фахівців різних профілів з електронним прототипом і дозволяють заощадити час і матеріальні ресурси, затрачувані на виготовлення натурних макетів.

Програмне забезпечення Quest3d для створення інтерактивних 3D-додатків

Quest3d – це готове комплексне рішення для створення 3D інтерактивних додатків. Головною особливістю програми є можливість створювати досить складні 3D-додатки без глибоких знань програмування [4].

Розробка програм в Quest3d відбувається не за допомогою класичних мов типу C++, а за допомогою спеціальних блок-схем, які дозволяють зробити код більш гнучким і наочним, а також значно прискорюють процес розробки додатків.

3. Застосування технологій віртуальної реальності для дизайну і конструювання. Віртуальне прототипування

Процес прототипування при конструюванні та розробці промислового дизайну – область, де використання систем віртуальної реальності дає значні конкурентні переваги. Використання віртуального оточення дозволяє створювати і сприймати конструкторові віртуальний прототип як реальний і змінювати його в реальному часі. Віртуальні прототипи дозволяють відмовитися від натурних моделей і забезпечити зв'язок між окремими підрозділами великої корпорації або різних субпідрядників, що працюють над

різними аспектами однієї й того ж завдання. Особливо актуальні подібні системи на стадії концептуального дизайну.

Етапи віртуального прототипування та необхідний інструментарій:

1) збір вихідних даних (інструментарій – координатно-вимірвальне устаткування);

2) моделювання об'єкта (інструментарій – програмні комплекси CAD, CAE);

3) візуалізація (інструментарій – 3D-стереовізуалізація і системи інтерактивної взаємодії);

4) виготовлення фізичного прототипу (інструментарій – багатокоординатні верстати, 3D-принтери, стереолітографія).

Центри віртуальної реальності для PLM, імерсійні центри, прототипування

3D collaboration and decision Center (3D cadCenter) – центр віртуальної реальності для спільної роботи і прийняття колективних рішень компанії Italdesign, розрахований на 5–50 глядачів.

Система 3D-візуалізації компанії Italdesign представлена на рис. 10:



Рис. 10. Система 3D-візуалізації компанії Italdesign [12]



Рис. 11. CAD центр компанії Dassault Systemes S.A.

Як приклад ефективності віртуального прототипування, можна навести лабораторію з імітації польотів компанії Lockheed Fort Worth, де на базі тренажера виробляється відпрацьовування віртуальних польотів з метою вивчення зручності взаємодії пілота з тим або іншим устаткуванням кабіни ще на етапі проектування винищувача.

3D virtual interactive prototyping Center (3D vipCenter) – центр віртуальної реальності для віртуального інтерактивного прототипування компанії Фольксваген, представлений на рис. 12.



Рис. 12. Центр віртуального прототипування компанії Фольксваген [12]



Рис. 13. Система віртуального складання компанії Boeing [12]

В центр входить:

1) проєкційна система віртуальної реальності (3D-візуалізації) різної конфігурації (для сприйняття обсягу необхідні спеціальні окуляри);

2) графічний генератор – потужна спеціалізована графічна станція, або графічний (візуалізаційний) кластер, який дозволяє абсолютно синхронно обробляти та видавати необхідний потік візуальної 3D-інформації. Устаткування підтримує роботу з такими пакетами, як: VIRTTOOLS, CATIA, DMU, UGS Viz Mockup, PTC DVmockup і т. п.);

3) периферія систем віртуальної реальності – системи трекінга, тактильного зворотного зв'язку і т. п.

4. Імітаційне моделювання фізичної взаємодії між віртуальними деталями машин і механізмами. Віртуальне складання

Віртуальне складання дозволяє перевірити ступінь стикування тисяч деталей найскладнішого виробу до початку етапу реального складання. Широко відомий приклад проектування літаків Boeing (рис. 13), коли перевірка якості складання всієї системи здійснювалося у віртуальному просторі.

Аналіз наведеного вище показує, що системи віртуальної реальності широко використовуються в промисловості. Їх використання для візуалізації деталей і вузлів дозволяє проводити кінематичний аналіз виробу, уточнювати роботу деталей і механізмів, виконувати прототипування деталей і збірок на ранніх стадіях проектування. Реалізовані технології віртуального складання і

тестування. Це дає можливість суттєво підвищити продуктивність проектування, покращити якість отриманих деталей і вузлів.

Висновки:

1. В роботі розглянуті основні апаратно-програмні складові існуючих систем віртуальної реальності, які використовуються в сучасній авіаційній, автомобільній промисловості і машинобудуванні для візуалізації проектування деталей і вузлів технічних систем.
2. Визначені основні переваги і недоліки використання систем віртуальної, привнесеної і змішаної реальності при прототипуванні, тестуванні і складанні.
3. Встановлено, що системи віртуальної реальності недостатньо широко використовуються для моделювання і візуалізації процесів механічної обробки, що є предметом подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Носов Н.А.* Словарь виртуальных терминов / *Н.А. Носов* // Тр. лаборатории виртуалистики. – М. : Путь, 2000. – Вып. 7. – 80 с.
2. Виртуальная реальность [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.eonreality.com>.
3. Виртуальная реальность в практическом применении [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://itware.com.ua/news/2000/08/22/virtual.html>.
4. Виртуальная реальность [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://quest3d.com>.
5. *Дацюк С.* Виртуальная реальность [Електронний ресурс] / *С.Дацюк*. – Режим доступу : http://www.uis.kiev.ua/~xyz/vr_enc.html.
6. *Дацюк С.* Ноу-хау виртуальных технологий [Електронний ресурс] / *С.Дацюк*. – Режим доступу : <http://old.pcclub.com.ua/n30/2.htm>.
7. Компьютерное моделирование и виртуальная реальность // Автоматизация проектирования. – 1988. – № 2.
8. *Кондратьев И.* Технология – виртуальная, результат – реальный / *И.Кондратьев* // *Computerworld*. – М., 1997. – № 35.

9. Наринян А. Основы научных исследований / А.Наринян, В.Поздеев. – К. : Издательство Европейского университета, 2002.
10. Виртуальная реальность [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vr-group.ru/>
11. Носов Н. Виртуальный интеллект [Электронный ресурс] / Н.Носов. – Режим доступа : http://www.futureussia.ru/conf/forum_transform_nosov1.html
12. Виртуальный мир. Виртуальная реальность. Технологии и решения. – М. : Компьютер-Пресс, 2000. – 1 электрон. опт. диск (CD).
13. Репкин Д. Виртуальная реальность [Электронный ресурс] / Д.Репкин. – Режим доступа : http://www.virtual.ru/virtual_reality.html.
14. Афанасьев К. Виртуальная реальность / К.Афанасьев// Hardware. – 1988. – № 12.
15. Тарасов В. Системный подход к описанию и управлению взаимодействиями человека с виртуальной средой / В.Тарасов // Тезисы докладов на конференции "Технологии виртуальной реальности". – М. : ГосНИИАС, 1995.
16. Эксперимент по передаче тактильных ощущений через интернет // Компюлента [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.compulenta.ru/2002/10/29/35013/>
17. Gates B. The road ahead. Viking, 1995 [Электронный ресурс] / B.Gates. – Режим доступа : <http://www.roadahead.com>
18. Hammet F. Virtual reality. – New York, 1993.
19. Michael Heim. The Metaphysics of virtual reality // Virtual reality: theory, practice and promise. Westport and London, 1991.
20. Бормалев С., Практическое применение Unigraphics в авиастроении. Открытые системы / С.Бормалев, С.Червонных. – 1997. – № 2. – С. 43–46.
21. Волков Д. "АвтоВАЗ" и ИТ. Computerworld Розсип / Д.Волков. – 1997. – № 30.
22. Тутел Эд. Создание VRML-миров / Эд. Тутел, Сандерс Клэр и др. – К. : БНВ, 1997. – 320 с.
23. Beeharee A., Steed A. A Natural Wayfinding – Photos in Pedestrian Navigation System // Proceedings of the 8th Conference on Human-Computer interaction with Mobile Devices and Services (Helsinki, Finland, September 12–15, 2006). MobileHCI '06, vol. 159. ACM Press, New York, NY, P. 81–88.

24. *Freeman, R., Steed, A.* Interactive Modelling and Tracking for Mixed and Augmented Reality // Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (Limassol, Cyprus, November 01–03, 2006). VRST '06. ACM Press, New York, NY, 61–64.
25. *Steed, A.* Towards a General Model for Selection // Virtual Environments. IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2006, 103–110, ISBN: 1-4244-0225-5.
26. *Steed, A., Angus, C.* Enabling Scalability by Partitioning Virtual Environments using Frontier Sets. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 15(1), 77–92, MIT Press.
27. *Vinayagamoorthy, V., Gillies, M., Steed, A., Tanguy, E., Pan, X., Loscos, C., Slater, M.* Building Expression into Virtual Characters, Eurographics 2006, STAR – State of the Art Report.
28. *Vinayagamoorthy, V., Steed, A., Slater, M.* The influence of a virtual character posture model on reported presence in an immersive virtual environment // Proceedings of the 2006 ACM international Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications (Hong Kong, China). VRCIA '06. ACM Press, New York, NY, 229–236.

ВИГОВСЬКИЙ Георгій Миколайович – проректор з науково-педагогічної роботи, кандидат технічних наук, професор кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка металів різанням;
- проектування різальних інструментів.

ГРОМОВИЙ Олексій Андрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем, заступник декана факультету інженерної механіки Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка металів різанням;
- моделювання технологічних процесів.

Подано 06.10.2009