

СИСТЕМИ ОБ'ЄМНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ НАВЧАННЯ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ

Постановка проблеми. На сьогоднішній день комп'ютерні графічні системи широко розповсюджуються та застосовуються в різних галузях людської діяльності. За допомогою цих систем можна створювати як плоскі (2D), так і об'ємні (3D) цифрові зображення. Зокрема графічна освіта є фаховим напрямом при підготовці майбутніх інженерів-педагогів. Важливою складовою якої є тривимірне проектування. Для їх навчання використовуються програмні пакети, розраховані на роботу зі створення та редагування технічних рисунків деталей та зборок. Ці пакети не відповідають вимогам формування тривимірних сцен та анімацій.

У залежності від специфіки діяльності існують спеціалізовані програмні пакети, за допомогою яких можна частково або повністю виконувати процес проектування, розпочинаючи з ідеї і закінчуючи оформленням відповідної документації.

Зважаючи на велику кількість програмного забезпечення для потреб тривимірного проектування, виникає необхідність у виборі універсальної системи, на базі якої можна було б швидко та ефективно навчати майбутніх інженерів-педагогів основам об'ємного комп'ютерного проектування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У одній із попередніх публікацій нами було проаналізовано наукові роботи в яких розглядається процес навчання комп'ютерної графіки [1]. До науковців, які висвітлюють особливості створення цифрового зображення у різних інженерно-графічних системах, відносяться М. Ф. Юсупова, Д. В. Нечасва, М. М. Козяр, В. Я. Поліщук, А. В. Краснюк, А. Ф. Татаринів, Т. В. Ульченко, Ю. В. Фещук, В. Ю. Гаврилюк, В. В. Перевертун, Т. М. Надкернична, М. В. Корх, В. В. Спирінцев, О. Г. Хоменко (AutoCAD), І. О. Гордієнко, В. В. Шендрик, Е. А. Кукусінова, С. С. Чаплінський, І. В. Павлик, Ю. М. Бурда, Д. О. Ткачівський, О. П. Калиновська, Б. В. Панкевич, В. І. Топчій, О. І. Строган, І. О. Дорош, О. В. Кітова (SolidWorks), Р. Горбатюк, Ю. Петрикович, В. Маковецька, М. І. Хиль, Е. С. Черноземов, А. В. Осадчий, О. Стрілець, Н. В. Білицька, О. Г. Гетьман, В. С. Злобіна, Ю. М. Бабчук, Г. А. Могильний, І. Ю. Кирєєв (КОМПАС) та інші. Порівняльні характеристики висвітлюють А. В. Бугаєв, В. О. Занора, Р. В. Юринець, О. М. Ващук, А. В. Дубів, В. О. Нелюбов, І. С. Голяд та інші.

Незважаючи на дослідження та обґрунтування вибору програмного забезпечення для графічних побудов, практично немає робіт, у яких би висвітлювались особливості програмних продуктів для створення об'ємного комп'ютерного проекту.

Аналізуючи наукові роботи в галузі комп'ютерної графіки, ми було виявили, що більшість досліджень, у яких розглядається побудова об'ємних зображень, висвітлюють послідовність їх створення за допомогою певного програмного забезпечення, але причину вибору графічного пакету та його переваги над програмних забезпеченням, за допомогою якого можна виконувати схожі побудови, практично не розглядаються.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз функціональних можливостей інженерних комп'ютерно-графічних систем, а також систем тривимірного проектування та обґрунтування вибору оптимального програмного пакету для навчання створення об'ємного комп'ютерного проекту в процесі підготовки майбутніх інженерів-педагогів.

Виклад основного матеріалу. Класично у підготовці майбутніх інженерів-педагогів застосовуються програмні продукти для побудови технічних креслень у галузі машинобудування. За своєю складністю такі системи можна умовно поділити на:

– *легкий рівень* – системи створення простих двомірних (2D) креслень, можуть мати невеликий набір функцій для тривимірного (3D) моделювання. Здебільшого це “урізани” версії систем більш високого рівня, призначені тільки для навчання;

– *середній рівень* – найбільш поширені системи, вони повнофункціональні,

передбачають можливість складного параметричного моделювання, підключення зовнішніх модулів та включають спеціалізовані бібліотеки елементів;

– *важкий рівень* (клас high-end) – системи, які мають багатофункціональні можливості. Вони передбачають роботу зі складними кресленнями, що включають в себе велику кількість деталей та вузлів. Важкий рівень систем характеризується тим, що, крім власне систем автоматизованого проектування, вони мають безліч модулів, які інтегруються [2].

З аналізу навчальних планів та програм, а також наукових робіт видно, що найбільшою популярністю серед інженерно-графічних програмних продуктів, користуються пакети AutoCAD (важкий рівень), SolidWorks та КОМПАС (середній рівень).

Бугаєв А. В., Занора В. О., Юринець Р. В. [3] зазначають, що питання вибору САПР є дуже важливим, адже вони повинні задовольняти таким вимогам конструктора, як: оперативність виконання проектів, великий ресурс, високі технологічні характеристики і якість виконуваних робіт, простота і зручність операторського обслуговування, надійність роботи, прийнятна вартість. Для конструювання машин та механізмів авторами розглянуто такі програмні пакети, як SolidWorks, T-FLEX, КОМПАС, описано функціональні особливості кожного з них та сформовано таблицю порівняння цих САПР. Функціональні можливості AutoCAD у розглянуто в роботі [4].

За допомогою цих програмних пакетів можна створювати як 2D так і 3D зображення, але системи автоматизованого проектування розраховані здебільшого на роботу з технічною документацією (кресленнями тощо), створення окремих деталей або їх зборок. Вони не призначені для створення реалістичних віртуальних сцен, в яких би були присутні всі характерні особливості світу, що оточує нас.

Основним елементом роботи в пакетах автоматизованого проектування є точка та відрізок. Для систем тривимірного проектування основу складають полігони, плоскі геометричні трикутні або чотирикутні форми. Відповідно до цього, виникає необхідність пошуку спеціалізованого програмного забезпечення, за допомогою якого можна буде ефективно навчати майбутніх інженерів-педагогів систем об'ємного комп'ютерного проектування.

Для процесу навчання дуже важливим елементом є демонстрація об'єкту дослідження, а також порядок та методи роботи з ним. Об'ємне комп'ютерне проектування допомагає досить ефективно вирішити цю проблему, паралельно з цим відбувається краще розуміння певних розділів фізики, математики, інформатики та обчислювальної техніки, а також розвиваються творчі та конструкторські здібності [5].

Ряд науковців у своїх працях відмічають таке спеціалізоване програмне забезпечення, за допомогою якого можна створювати 3D зображення та анімовані відеокліпи. До них належать М. Ф. Юсупова, Д. В. Нечаєва, А. В. Орещенко, Р. М. Горбатюк, В. С. Федорейко, Р. М. Шехавцов, А. И. Степных, Ю. И. Коханова, А. С. Годла, Е. Д. Хамидуллина, В. В. Карабчевский, В. М. Бакалова, О. О. Баскова та інші.

На ринку програмного забезпечення існує велика кількість програмних продуктів, за допомогою яких можна виконувати побудову об'ємних віртуальних моделей і сцен (сукупності моделей), та на їхній основі створювати фото (відео) реалістичні зображення (анімовані кліпи). Часто ці програми можуть взаємодіяти між собою, доповнювати одна одну, цим самим дозволяючи користувачеві досягти бажаного результату проектування.

Серед найбільш популярних програм тривимірної графіки виділяють [6]:

1) комерційні програмні пакети:

- Autodesk 3D Studio Max;
- Autodesk Maya;
- Autodesk Softimage;
- Maxon Cinema 4D;
- Side Effects Software Houdini;
- NewTek LightWave 3D;
- Luxology Modo;

– *Robert McNeel & Associates* Rhinoceros 3D;

– *Nevercenter* Silo;

– *Pixologic* ZBrush;

2) безкоштовні програмні пакети:

– *Blender Foundation* Blender;

– K-3D, автор Тим Шид (англ. Timothy M. Shead);

– Wings3D, автори Björn Gustavsson, Dan Gudmundsson, Richard Jones та інші.

У наведеному переліку систем тривимірного проектування курсивом зазначено назву компанії-розробника програмного пакета. Більшість безкоштовних програмних продуктів, на відміну від комерційних, написана одним або кількома особами, відповідно, витрати та вимоги до них будуть різними.

На основі стандартів освіти [7] нами виділено ряд основних особливостей, які повинен мати пакет тривимірного проектування (табл.) для того, щоб комплексно забезпечити розв'язання типових задач діяльності, які стоять перед інженером-педагогом. Наприклад, до таких задач відносяться: проектування комп'ютерних технологій; проектування комп'ютерних засобів навчання; проектування об'єктно-орієнтованих комп'ютерних технологій; розроблення комп'ютерних дидактичних матеріалів; комп'ютерне забезпечення дистанційного навчання.

Проведення аналізу програмних продуктів ускладнюється тим, що друкована література відсутня, а переважна більшість інформації в мережі Інтернет є здебільшого рекламною інформацією. На офіційних сайтах виробника програмного забезпечення зазначається, що їхній продукт дозволяє вирішення всіх задач тривимірної графіки.

Для того, щоб провести незалежний аналіз кількох програм, потрібно мати досвід роботи у кожній із них. Це неможливо через те, що на вивчення програмних пакетів тривимірної графіки потрібно витратити місяці або й роки. В такому випадку переваги або недоліки того чи іншого редактора, витративши при цьому значно менше часу та зусиль, можна дізнатися з аналізу Інтернет-форумів (обговорень), де дискусії ведуться не тільки початківцями, а й спеціалістами з багаторічним стажем роботи в різних тривимірних редакторах. Також потрібно зважати на індивідуальний фактор, адже одним зручно працювати з одним програмним забезпеченням, а іншим з другим.

Таблиця

Основні вимоги щодо систем тривимірного проектування

	Autodesk 3D Studio Max (3D Studio Max Design)	Blender Foundation Blender	Autodesk Maya	Luxology Modo	Maxon Cinema 4D	Autodesk Softimage
Платформа	Microsoft Windows	Microsoft Windows, Mac OS X, Linux, BSD, Solaris	Microsoft Windows, Mac OS X, Linux	Mac OS X, Microsoft Windows	Linux, Mac OS X, Microsoft Windows, Amiga OS	Microsoft Windows, Linux
Основна сфера використання	Дизайн, проектування, архітектура, відеоігри	Відеоігри, кіно та відеоіндустрія	Відеоігри, кіно та відеоіндустрія	Дизайн, відеоігри, кіно та відеоіндустрія	Відеоігри, кіно та відеоіндустрія	Відеоігри, кіно та відеоіндустрія
Російськомовний інтерфейс	+	-	+	-	+	+
Навчальні матеріали:						
- література	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
- відеоуроки	+	+/-	+	+/-	+/-	+/-
Наявність бібліотек об'єктів	+	-	-	-	-	-
Підтримка виробника	+	-	+	+	+	+
Вартість:						
- комерційна версія;	41574 грн.	Безкоштовно	32960 грн.	12034 грн.	9412 грн.	26737 грн.
- для навчання;	Безкоштовно (реєстрація на офіційному сайті)	Безкоштовно	Безкоштовно (реєстрація на офіційному сайті)	2004 грн.	Безкоштовно (протягом 18 місяців)	Безкоштовно (реєстрація на офіційному сайті)
Моделювання:						
- полігональне	+	+	+	+	+	+
- NURBS	+/-	+/-	+	-	+	+
На основі:						
- поверхонь Безье	+	+	+	-	+	+
- сплайнів	+	+	+	+/-	+	+
- примітивів	+	+	+	+	+	+
Анімація	+	+	+	+	+	+
Текстурування	+	+	+	+	+	+
Візуалізація	+	+	+	+	+	+

Отже, аналізуючи Інтернет-форуми [8; 9; 10; 11; 12], ми виділили ряд універсальних програмних продуктів (3ds MAX, Maya, Softimage, Cinema 4D, Modo, Blender) (табл.), які дозволяють працювати з усім процесом проектування: моделюванням, анімацією, текстуруванням та візуалізацією. А також програмні продукти тривимірної графіки, які використовуються тільки для певних етапів проектування (Poser, Rhinoceros 3D, Daz 3 D, Hexagon, Bryce, K-3D, Wings3D, ZBrush, Silo, LightWave 3D), їхній інструментарій не дозволяє в повній мірі виконувати процес тривимірного проектування.

На форумах спеціалістами тривимірної графіки зазначено, що порівнювати редактори об'ємної комп'ютерної графіки недоречно з тієї причини, що кожен із них передбачається для виконання конкретних дій, і в професійній роботі великих компаній часто виконують певні частини проекту в різних програмах. А також, зважаючи на сьогоднішній ринок конкуренції, якщо певні якісь функціональні можливості відсутні в одному редакторі, то вони з'являються в ньому з подальшим оновленням.

Коротко схарактеризуємо програми тривимірної графіки.

3D Studio Max – повнофункціональна професійна система для створення та редагування тривимірної графіки й анімації. Містить увесь необхідний інструментарій для проектування. Програмний продукт представляється у двох версіях: для потреб мультимедіа (відеоігри, кіно та відео індустрія тощо) – 3D Studio Max; для фахівців із візуалізації, дизайнерів, архітекторів та проектувальників – 3D Studio Max Design. За допомогою 3ds Max можна створювати різноманітні за формою і складністю тривимірні комп'ютерні моделі реальних або уявних об'єктів навколишнього середовища. Процес моделювання можна здійснювати, використовуючи різноманітні техніки і механізми моделювання, які включають: полігональне моделювання; на основі неоднорідних раціональних B-сплайнів (NURBS), поверхонь Безьє (Editable patch); із використанням вбудованих бібліотек стандартних параметричних об'єктів (примітивів) та модифікаторів. Методи моделювання можуть поєднуватися один з одним. Широкі можливості анімації всіх елементів сцени. Можливість підключення зовнішніх рендерів дозволяє досягти високої реалістичності зображень. Для 3D Studio Max існує велика кількість плагінів, які розширюють його функціональні можливості. Зважаючи на історію (перша версія появилася 1990 р.) та функціональні можливості 3D Studio Max, його вважають еталоном у сфері тривимірної графіки. 3D Studio Max зарекомендував себе як багатофункціональний програмний продукт із можливістю використання в різних сферах людської діяльності. Велика кількість навчальних матеріалів, бібліотек готових моделей, русифікований інтерфейс, можливість моделювання за допомогою різних методів, а також наявність безкоштовної ліцензії для навчальних закладів дозволяють зробити висновок, що він найбільше підходить для навчання об'ємного комп'ютерного проектування майбутніх інженерів-педагогів.

Maya – універсальна система, яка на даний час є практично стандартом 3D графіки в кіноіндустрії та телебаченні. За допомогою Maya можна здійснювати творчий процес моделювання, 3D-анімації, рендеринга, відстеження руху, створення цілісного зображення шляхом поєднання двох і більше шарів відзнятого на кіно- чи відеоплівку матеріалу. Maya має набір інструментів, які відповідають технологічним вимогам при створенні візуальних ефектів, розробці ігор і 3D-анімації. Цей тривимірний редактор може моделювати фізику твердих і м'яких тіл, прораховувати поведінку тканини, емулювати плинні ефекти, налаштовувати зачіску персонажів, створювати сухе та мокре хутро, анімувати волосся тощо. Візитною карткою програми є модуль PaintEffects, який дає можливість малювати віртуальним пензлем такі тривимірні об'єкти, як квіти, трава, об'ємні візерунки та інше. Серед основних особливостей Maya є її відкритість стороннім розробникам, тобто код програми може бути змінений і адаптований у залежності від потреб конкретного користувача, в переважній більшості це студії. Отже, програмний пакет не в повній мірі відповідає вимогам для навчання майбутніх інженерів-педагогів системам об'ємного комп'ютерного проектування.

Blender – вільний (безкоштовний) програмний продукт із відкритим кодом для

створення тривимірної комп'ютерної графіки. Користується популярністю серед дизайнерів, розробників відеоігор, а також у сфері кіно та відео. Інструментарій цього програмного продукту дозволяє працювати з усім процесом створення тривимірного зображення або анімованого відеокліпу. Blender за своїми функціональними можливостями здатний конкурувати з комерційними продуктами зі створення тривимірної графіки. Характерною його особливістю є невеликий розмір (30-45 МБ) та відносно невеликі вимоги до робочої станції. Варто зазначити, що на сьогодні популярність Blender'а зростає завдяки тому, що він є безкоштовним. Часто виходять нові версії, що пов'язано з виправленням некоректної роботи програми. Складність вивчення Blender'а аргументують "важким" інтерфейсом, відсутністю русифікованого інтерфейсу, а також бібліотек об'єктів. Отже, цей програмний продукт не в повній мірі відповідає вимогам підготовки майбутніх інженерів-педагогів у сфері тривимірної графіки

Luxology MODO – повнофункціональний редактор для тривимірного проектування та малювання. Користується популярністю серед художників і дизайнерів, які працюють у сфері реклами, дизайну упаковки, розробки ігор та спецефектів для відеофільмів, архітектурної візуалізації тощо. Його інструментарій дозволяє виконувати весь процес моделювання, анімації, текстурування та візуалізації. Особливістю програмного продукту є гнучкий інтерфейс, який можна налаштувати так, що він буде максимально схожий на один із редакторів тривимірної графіки Maya, Lightwave 3D чи 3ds Max. Основою моделювання в Luxology MODO є два види інструментів – сіткові та основані на графічному зображенні. Можливість безпосереднього малювання в 2D і 3D режимах роботи над проектом. Високоякісні інструменти скульптурного моделювання. Зручні засоби створення текстур. Хороший і швидкий рендер статичних зображень. Функціональні можливості розширюються завдяки підключенню окремих модулів. В основному програмний пакет передбачений для полігонального моделювання, тому що немає підтримки NURBS. У порівнянні з іншими пакетами для тривимірного проектування поступається їм в інструментах анімації та створенні відео. Для Luxology MODO відсутній русифікатор, а також додається невелика кількість навчальних матеріалів. Отже, цей програмний редактор не в повній мірі відповідає вимогам щодо підготовки майбутніх інженерів-педагогів у сфері об'ємного комп'ютерного проектування.

Cinema 4D (C4D) – універсальний програмний продукт призначений для створення та редагування тривимірних ефектів та об'єктів, анімації та високоякісного рендеринга. Використовується переважно в ігровій, кіно та відеоіндустрії. C4D дозволяє працювати з усім процесом проектування (моделювання, анімація, текстурування та візуалізація). C4D відзначається відносно простим інтерфейсом та невеликими вимогами до апаратного забезпечення робочої станції. CINEMA 4D має ряд унікальних можливостей для тривимірного моделювання. Наприклад, інструменти «Пензель» і «Магніт», різні деформатори і об'єкти-генератори для швидкої зміни параметрів об'єктів, інструменти для роботи з полігонами в реальному часі. Великий набір інструментів для роботи з текстурами, зокрема ексклюзивна технологія CINEMA 4D RayBrush дозволяє спостерігати за результатом малювання вже на прорахованому зображенні. На основі ключових кадрів у програмі можна анімувати всі елементи моделей та сцен. Можливості візуалізації можна реалізувати за допомогою потужного внутрішнього, або зовнішніх візуалізаторів. Функціональні можливості програми можна розширити за рахунок модулів, які можна додавати окремо. Вивчення пакету CINEMA 4D ускладнюється невеликою кількістю навчальної літератури та ліцензією для навчальних цілей терміном на 18 місяців. Отже, цей програмний продукт не в повній мірі відповідає вимогам щодо навчання майбутніх інженерів-педагогів системам об'ємного комп'ютерного проектування.

Softimage – повнофункціональний редактор тривимірної графіки. Включає в себе можливості 3D моделювання, анімації і створення спецефектів. Використовується переважно для анімації 3D-персонажів та створення візуальних ефектів у кіно, відеоіграх, а також у рекламній індустрії для створення персонажів, об'єктів та оточення. Особливістю програми є інноваційне середовище ICE (платформа візуального програмування) та

інструменти лицьової анімації Face Robot, вони значно розширюють можливості робочого процесу, організованого на базі таких програмних продуктів, як Maya та 3ds Max.

Згідно з даними форуму [10], де проводилось опитування щодо того, якому редактору тривимірної графіки, користувачі надають перевагу відповіді відображені на рис. 1. У опитуванні взяли участь 414 осіб.

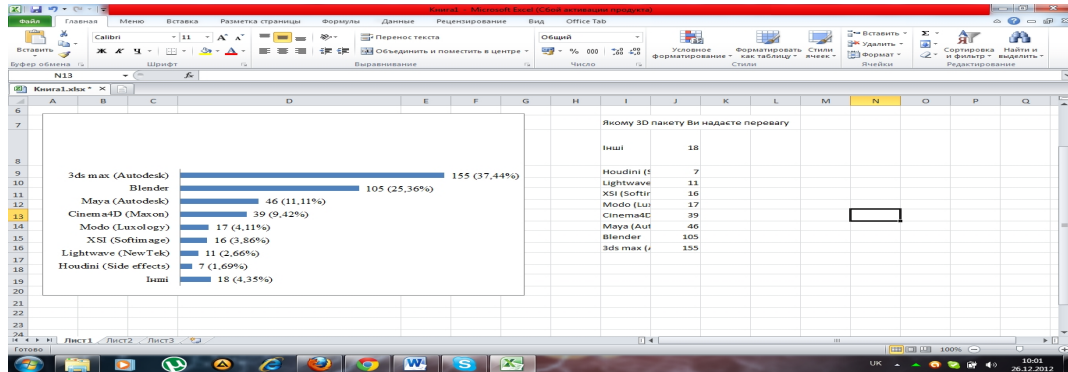


Рис. 1. Опитування на форумі NDN 3D CG Network

У соціальній мережі ВКонтакте є група, присвячена 3D графіці і зокрема Махон Сінема 4D. Однією з тем обговорення є: "Які ви використовуєте програми (для 3D), окрім Сінема 4d" [13]. У цьому обговоренні створено опитування, результати якого представлені на рис. 2.

87% архітекторів та проектувальників вважають, що включення в конкурсну пропозицію графічних матеріалів, підготовлених в Autodesk 3ds Max Design, дає реальні шанси на перемогу. Такі результати отримані згідно з опитуванням, яке було проведено журналом "CG Architect" в 2009 році. Було опитано 1621 особа, які працюють переважно в архітектурній галузі [14].

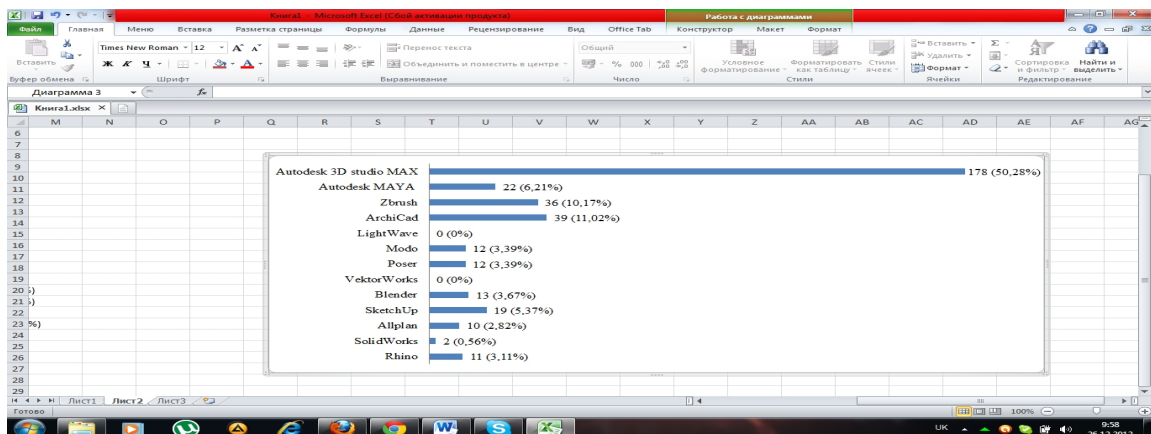


Рис. 2. Опитування в соціальній мережі ВКонтакте

Висновки. Сучасний ринок інформаційних технологій пропонує велику кількість програмного забезпечення, яке використовується спеціалістами для тих чи інших галузей діяльності. Зокрема для навчання інженерів-педагогів графічних основ конструювання використовуються спеціалізовані програмні засоби – САПР. Але вони не дозволяють у повній мірі формувати фотореалістичні зображення та анімовані відеокліпи. Таким чином, на основі аналізу офіційних сайтів виробників тривимірних редакторів, літератури,

Інтернет-форумів для навчання систем об'ємного комп'ютерного проектування нами було обрано універсальний програмний пакет 3d Studio MAX Design. Його функціональні можливості розраховані на фахівців із візуалізації у сфері архітектурного дизайну, проектування та конструювання, а також вони можуть бути розширені завдяки можливості підключення додаткових плагінів. Наявність великої кількості літератури, відеоуроків, Інтернет-форумів та бібліотек моделей зменшать термін навчання майбутніх інженерів-педагогів основ тривимірної графіки. Також компанією Autodesk передбачена безкоштовна ліцензія для навчальних закладів.

Перспективою подальших досліджень вважаємо необхідність створення методики навчання майбутніх інженерів-педагогів систем об'ємного комп'ютерного проектування.

Список використаних джерел

1. Ожга М. М. Проблеми графічної підготовки майбутніх інженерів-педагогів у наукових дослідженнях / М. М. Ожга // Проблеми інженерно-педагогічної освіти : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Х., 2012. – Вип. 34-35. – С. 226–233.
2. Юсупова М. Ф. Компьютерные информационные технологии в обучении начертательной геометрии: монография / М. Ф. Юсупова. – К. : НПУ им. М. П. Драгоманова, 2006. – 280 с.
3. Бугаев А. В. Анализ современных САПР и их порівняльна характеристика [Електронний ресурс] / А. В. Бугаев, В. О. Занора, Р. В. Юринець // Вісник Черкаського державного технологічного університету : зб. наук. пр. – Черкаси : ЧДТУ, 2008. – № 1. – С. 96–99. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/vchdtu/2008_1/articles/Mashinobud/4_Bugaev.pdf
4. Кравцов Е. М. Застосування методів комп'ютерної графіки в курсовому проектуванні з дисципліни "Деталі машин" [Електронний ресурс] / Е. М. Кравцова, Л. В. Карпюк. – Режим доступу : http://www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/vsunu/2010_7_2/kravcova.pdf
5. Крапивенко А. В. Технологии мультимедиа и восприятие ощущений: учебное пособие / А. В. Крапивенко. – М.: БИНОМ. Лаборатория образований, 2009. – С. 17.
6. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступу : http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Трёхмерная_графика&stable=1
7. Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра за спеціальністю 6.010100.36 "Професійне навчання. Комп'ютерні технології в управлінні та навчанні" напряму підготовки 0101 "Педагогічна освіта". – К. : МОН України. – 9 с.
8. Blender – организация рабочего места трёхмерщика с нулевыми затратами на ПО [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://startblender.wordpress.com/2008/09/25/blenderreview_part1/
9. Сравнение Blender с коммерческими редакторами трёхмерной графики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://startblender.wordpress.com/2008/09/27/blenderreview_part2/
10. 3D softwares comparisons table [Электронный ресурс]. – Режим доступу : http://www.tdt3d.be/articles_viewer.php?art_id=99
11. 3D редакторы, плюсы и минусы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://habrahabr.ru/post/136350/>
12. Какая 3d программа самая лучшая [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.3dsociety.ru/forum/kakaya-3d-programma-samaya-luchshaya>
13. Какие вы используете программы (для 3D), кроме Cinema 4d [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://vk.com/topic-4703050_8059100
14. Основные аргументы в пользу приобретения Autodesk 3ds Max Design [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://dynamic.ziftsolutions.com/clients/autodesk/pdf/3ds_max_design_2013_top_reasons_a4_ru.pdf

Ожга М. М.

Системы об'ємного комп'ютерного проектування для навчання майбутніх інженерів-педагогів

Зазначено найбільш популярні системи графічної підготовки інженерів-педагогів. Проведено аналіз функціональних можливостей комп'ютерно-графічних систем, а також систем тривимірного проектування. Визначено основні вимоги щодо вибору тривимірного графічного редактора. Обґрунтовано вибір програмного пакету для навчання створення об'ємного комп'ютерного проекту в процесі підготовки майбутніх інженерів-педагогів.

Ключові слова: комп'ютерна графіка, об'ємне комп'ютерне моделювання, проектування, графічна підготовка, САПР, 3D графіка, 3D редактор.

Ожга М. М.

Системы объемного компьютерного проектирования для обучения будущих инженеров-педагогов

Указаны наиболее популярные системы графической подготовки инженеров-педагогов. Проведен анализ функциональных возможностей компьютерно-графических систем, а также систем трехмерного проектирования. Определены основные требования по выбору трехмерного графического редактора. Обоснован выбор программного пакета для обучения создания объемного компьютерного проекта в процессе подготовки будущих инженеров-педагогов.

Ключевые слова: компьютерная графика, объемное компьютерное моделирование, проектирование, графическая подготовка, САПР, 3D графика, 3D редактор.

M. Ozhga

Surround Systems of the Computer-Aided Design for Teaching Future Teachers-Engineers

The article mentioned the most popular systems of the graphics training teachers-engineers. The author made the analysis of the functionality of computer-graphics systems, and systems of three-dimensional design. The paper found the basic requirements for the selection of three-dimensional editor, explained the choice of software package for creating of the surround computer project in the training of future teachers-engineers.

Key words: computer graphics, three-dimensional computer simulation, designing, graphic preparation, CAD system (computer-aided design), 3D graphics, 3D editor.

Стаття надійшла до редакції 26.12.2012 р.