

УДК 332.1:002

**ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ 3D МОДЕЛІ  
ДРУКАРСЬКОГО УСТАТКУВАННЯ**

© О. А. Розенберг, магістр, Р. А. Хохлова, к.т.н., доцент,  
НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**Проанализированы существующие технологии разработки интерактивных 3D моделей печатного оборудования, а также систематизированы факторы, которые влияют на конечный продукт.**

**Current technologies of develop interactive 3D models of printing equipment was analyzed and also factors which effect on final product where systemized.**

**Постановка проблеми**

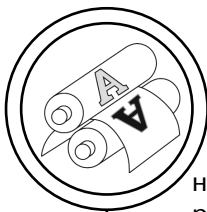
За останні роки 3D графіка набуває все більшого застосування в архітектурній візуалізації, кінематографії, телебаченні, комп'ютерних іграх, а також у науці та промисловості. У галузі пакування за їх допомогою є можливість візуалізації складних за формою та реалізацією запроєктованих макетів пакування, розробки необхідного презентаційного матеріалу та забезпечення проекту розробленими вхідними даними. Об'ємні 3D моделі широко застосовуються у виробництві, наприклад, корпусних меблів, і в будівництві, для створення фотореалістичного дизайн-проекту майбутнього приміщення. Сучасні конкурентоспроможні конструкторські агенції вже давно перейшли від використання лінійки та олівця до сучасних тривимірних комп'ютерних програм [1].

Технології 3D надають безліч можливостей для створення та візуалізації складних моделей та технологічних процесів, що мо-

же бути використано й в учбово-му процесі. Доволі часто, під час навчання або проведення досліджень, доводиться вивчати роботу складних механізмів та конструкцій, принцип дії яких потрібно зрозуміти. Зазвичай, маючи лише креслення устаткування та опис роботи, важко зрозуміти всі особливості і тонкощі процесу. Натомість, інтерактивна тривимірна модель може значно полегшити сприйняття та розуміння матеріалу, що викладається, зокрема будову та технологічні особливості друкарського устаткування.

**Аналіз попередніх досліджень**

Тривимірне моделювання, порівняно з іншими способами візуалізації, має безліч вагомих переваг. Так, 3D технології забезпечують формування точної моделі, максимально наближеної до реальності. Сучасні програми допомагають досягти високої деталізації, дають можливість ретельно опрацювати і, що саме головне, в заверше-



ному варіанті переглядати окремі деталі об'єкту. Саме це значно збільшує наочність та зацікавленість до проекту. Також у тривимірну модель можна легко та оперативно вносити практично будь-які зміни [2].

Засоби сучасної комп'ютерної графіки розвиваються стрімкими темпами. Це пов'язано зі швидким збільшенням апаратних потужностей графічної системи персональних комп'ютерів. З іншого боку цей розвиток пов'язаний з потребами кінцевих користувачів. Графіка у вигляді 3D виглядає набагато більш реалістичніше ніж традиційна двомірна графіка, крім того вона дозволяє представити об'єкт в тому вигляді, в якому він може бути в реальності, розглянути його з усіх сторін.

В даний момент на ринку існує досить велика кількість програм, що надають можливість створення 3D анімації та 3D графіки. Історія розвитку всіх програм схожа в тому, що всі вони починалися з простих пакетів 3D моделювання і вже в процесі вдосконалення, від версії до версії нарощували свої функціональні можливості. Було встановлено, що всі пакети 3D графіки складаються з певного набору підсистем, в які входять середовище моделювання, система візуалізації, бібліотеки текстур і об'єктів та необхідні додаткові модулі [3].

### **Мета роботи**

Метою роботи є дослідження технології розроблення інтерактивної 3D моделі, зокрема, як приклад, взято поліграфічну друкарську машину, оскільки го-

тові моделі такого типу та методи їх створення відсутні у вільному користуванні. Така розробка може значно полегшити учбовий процес, надасть змогу студентам у інтерактивному режимі тривимірного простору оцінити технічні характеристики устаткування з різних кутів, детально вивчати особливості конструкції та принципи роботи.

### **Результати проведених досліджень**

На основі проведеного аналізу фахової науково-технічної літератури, практичних навичок у 3D моделюванні, здійснено систематизацію можливих факторів, які впливають на вибір програмного забезпечення для 3D моделювання. В розробленій класифікації (рис. 1) за основні ознаки взято: можливість підключення плагінів та додаткових опцій, цільова аудиторія, що використовує проект, ступінь інтеграції, ступінь доступу використання ПЗ, формат вихідних файлів, призначення редактору. Оскільки саме від типу програмного забезпечення залежить вибір технології моделювання і методу вирішення проблем, що можуть виникнути в процесі розробки тривимірних об'єктів, розроблена класифікація дозволяє оперативно провести вибір відповідного програмного забезпечення під конкретний проект, що значно скорочує час і ресурси, необхідні для реалізації поставленої задачі 3D моделювання інтерактивних моделей.

Асортимент програмних продуктів, що дозволяють розроб-

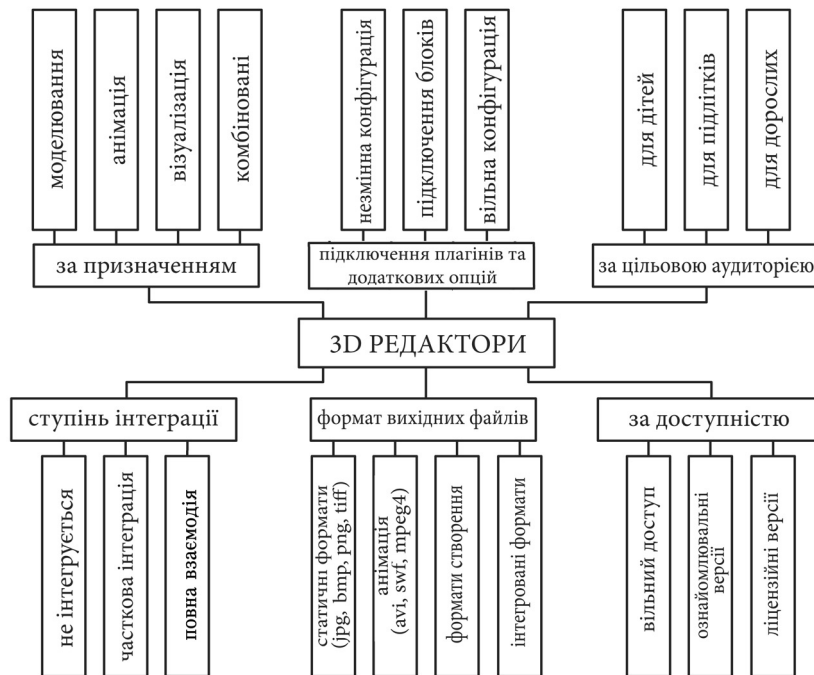
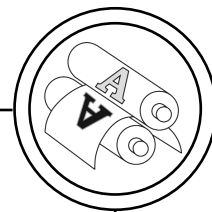


Рис. 1. Класифікація програмного забезпечення для інтерактивних 3D моделей

ляти тривимірну графіку, тобто моделювати об'єкти віртуальної реальності і створювати на основі цих моделей зображення, дуже різноманітний. Останні роки стійкими лідерами в цій галузі є комерційні продукти: такі як 3D Studio Max, Maya, Lightwave 3D, Softimage, Sidefx Houdini і порівняно нові Rhinoceros 3D, Nevercenter Silo або ZBrush. Крім того, існують і відкриті продукти, що поширюються вільно, наприклад, Blender 3D, K-3D і Wings3D тощо. За допомогою статистичного аналізу фахових інтернет-ресурсів було проведено дослідження у співвідношенні рекламних пропозицій використання програмного забезпечення для створення 3D графіки у системах СМІ та використання

аналогічного програмного забезпечення у реальних проектах (рис. 2). За результатами перегляду понад 1000 профайлів робіт у галереях з 3D моделювання на теренах СНГ (render.ru) та у Європі (j-k.cgssociety.org) встановлено чотири найбільш популярні програмні продукти для 3D моделювання — 3Ds Max 2009, Maya 9.0, Blender 3D 2.0, T-Flex 2010.

На підставі аналізу науково-технічної літератури, інтернет-ресурсів, опитуванню спеціалістів галузі, було обрано найбільш важливі параметри, що впливають на вибір програмного забезпечення, здатного створювати 3D графіку: вибір технології моделювання; комплектація устаткування; функціональність програмного

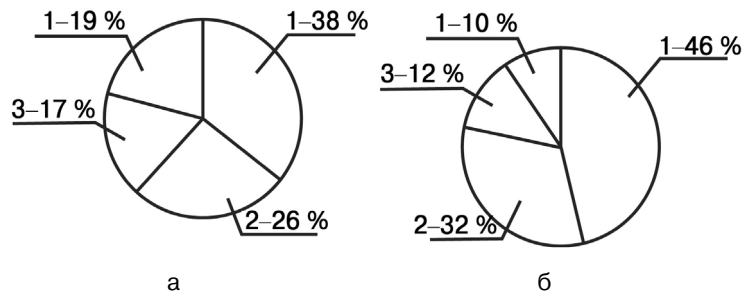
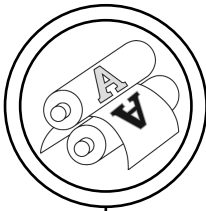


Рис. 2. Співвідношення рекламних пропозицій використання програмного забезпечення для створення 3D графіки у системах CMI (а) та у реальних проектах (б), де: 1 — 3Ds Max; 2 — Maya; 3 — Blender 3D; 4 — T-Flex

забезпечення; складність моделі; наявність вхідних даних; умови праці; направлення проекту; організація контролю вхідних та вихідних даних [4]. Для ранжування зазначених параметрів проведено експертне дослідження методом попарного порівняння із залученням

фахівців галузі. На основі отриманих результатів побудовано матрицю експертних оцінок та діаграму Парето, за допомогою якої було встановлено пріоритетність визначених параметрів (рис. 3).

Отримані дослідження аналізу параметрів, що вплива-

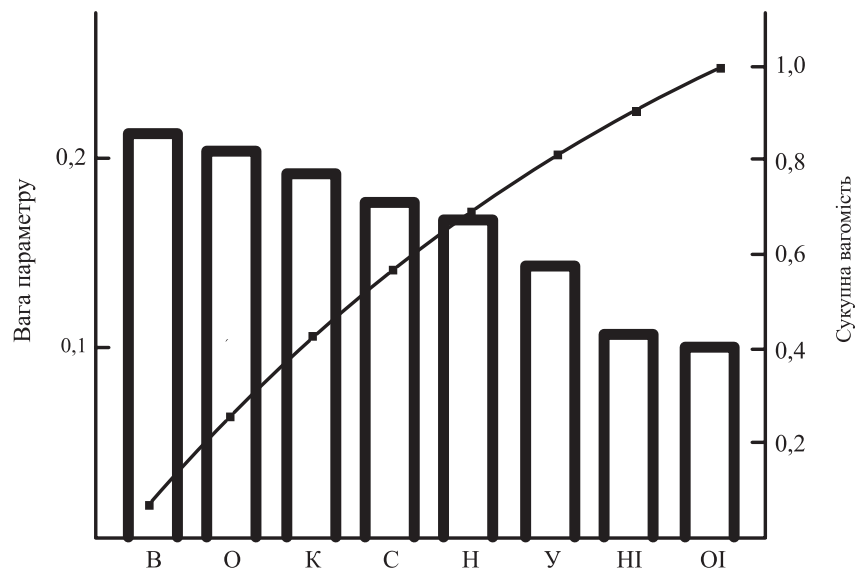
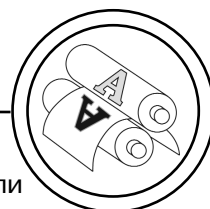


Рис. 3. Аналіз параметрів, що впливають на вибір програмного продукту для розробки 3D моделі, де: В — вибір технології 3D моделювання; К — комплектація устаткування; О — функціональність програмного забезпечення; С — складність моделі; Н — наявність вхідних даних; У — умови праці; НІ — направлення проекту; ОІ — організація контролю



ють на вибір програмного забезпечення для розробки інтерактивної моделі, дають підстави стверджувати що базовими чинниками є обрання технології 3D моделювання та вихідна комплектація устаткування, що може забезпечувати відповідне функціонування та швидкодію програмного продукту.

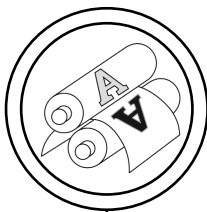
Програмні продукти для розробки 3D моделей мають у розпорядженні різноманітні методи створення тривимірних комп'ютерних моделей і об'єктів навколишнього світу, з використанням різноманітних технік і механізмів. Та найчастіше використовуються три базових методи: полігональне моделювання, в яке входять варіанти створення моделі трикутниками (Editable mesh) і чотирикутниками (Editable poly); моделювання на основі неоднорідних раціональних B-сплайнів (NURBS); моделювання на основі поверхонь Безье (Editable patch). На

підставі аналізу робіт, що були проведені при створенні інтерактивної 3D моделі друкарського устаткування у редакторі 3Ds Max 9.0, було розроблено діаграму порівняння методів моделювання (рис. 4).

Згідно загальної отриманої площі фігур на діаграмі, виявлено, що метод полігонального моделювання має перевагу над двома іншими методами за універсальністю, швидкістю і зручністю моделювання, а також високі показники на інших позиціях діаграми. Будь-який параметричний тривимірний об'єкт, створений на основі примітиву, може бути перетворений в об'єкт Editable Poly (Редагована полісітка). Такий об'єкт перестає бути параметричним і надалі буде модифікуватися як сітка, тобто на рівні вершин, ребер, граней і полігонів. Об'єкти типу Editable Poly відрізняються від редагованих сіток тим, що їх оболонки



Рис. 4. Діаграма порівняння методів 3D моделювання



складаються не з трикутних граней, а з полігонів. Полігони є багатокутниками, у яких є як мінімум чотири вершини, і замінюють сукупність двох або більше суміжних трикутних граней, що лежать в одній площині. Тому і сітку, складену з полігонів, на відміну від сітки, складеної з трикутних граней, називають полігональною сіткою, або полісіткою.

Створення повноцінної тривимірної сцени для 3D моделі виконується за розробленим алгоритмом (рис. 5), що включає в себе такі основні етапи: створення геометричної моделі, налаштування параметрів освітлення, робота з матеріалами, візуалізація сцени. Однак перед початком створення інтерактивних моделей необхідно розібрати поетапно сам технологічний процес, затвердивши необхідність та призначення кожної його операції. Варто зауважити, що для створення 3D моделі важливо те, наскільки детально потрібно буде показати ті чи інші елементи. Ці вказівки, акценти важливо закласти в опис процесу ще на передпроектній стадії. В цілому ж, для створення ілюстрації у форматі 3D потрібен лише схематичний опис із зазначенням найбільш важливих деталей.

На даному етапі розвитку моделювання чітких вимог до якості створення 3D моделей не існує, оскільки усі вимоги до кінцевого продукту є індивідуальними і зазвичай зазначаються у технічному завданні. Для того аби розробити такі вимоги потрібно перш за все виз-

начити чинники, що будуть впливати на якість створення інтерактивної 3D моделі. Саме для встановлення низки такого роду факторів, їх взаємозв'язків, а також більш точного аналізу процесу створення 3D моделі, було побудовано діаграму Ісікави (рис. 6). Було обрано чотири головних чинника, що мають вплив на процес створення, обробки або використання розробленої моделі — персонал, матеріали, устаткування, технологія. Так, устаткування напряму впливає на час створення проекту, його оптимальність і відповідність поставленій задачі. Наявність потужного апаратного забезпечення та додаткового обладнання може значно вплинути на якість майбутньої інтерактивної моделі. Проте одним із найголовніших параметрів є матеріали, що визначають складність моделі, наявність вхідних даних (креслень, макетів пакування тощо) та спеціалізованого програмного забезпечення — факторів, без яких створити 3D модель взагалі неможливо.

Визначивши чинники, що впливають на якість створення інтерактивних 3D моделей, можна сформулювати вимоги до їх розробки: правильно поставлена та виконана задача моделювання; оптимально підібране програмне та апаратне забезпечення, що здатне реалізувати проект; наявність потрібних вхідних матеріалів; правильний вибір технології 3D моделювання; відповідна кваліфікація персоналу; відповідність визначеним пара-

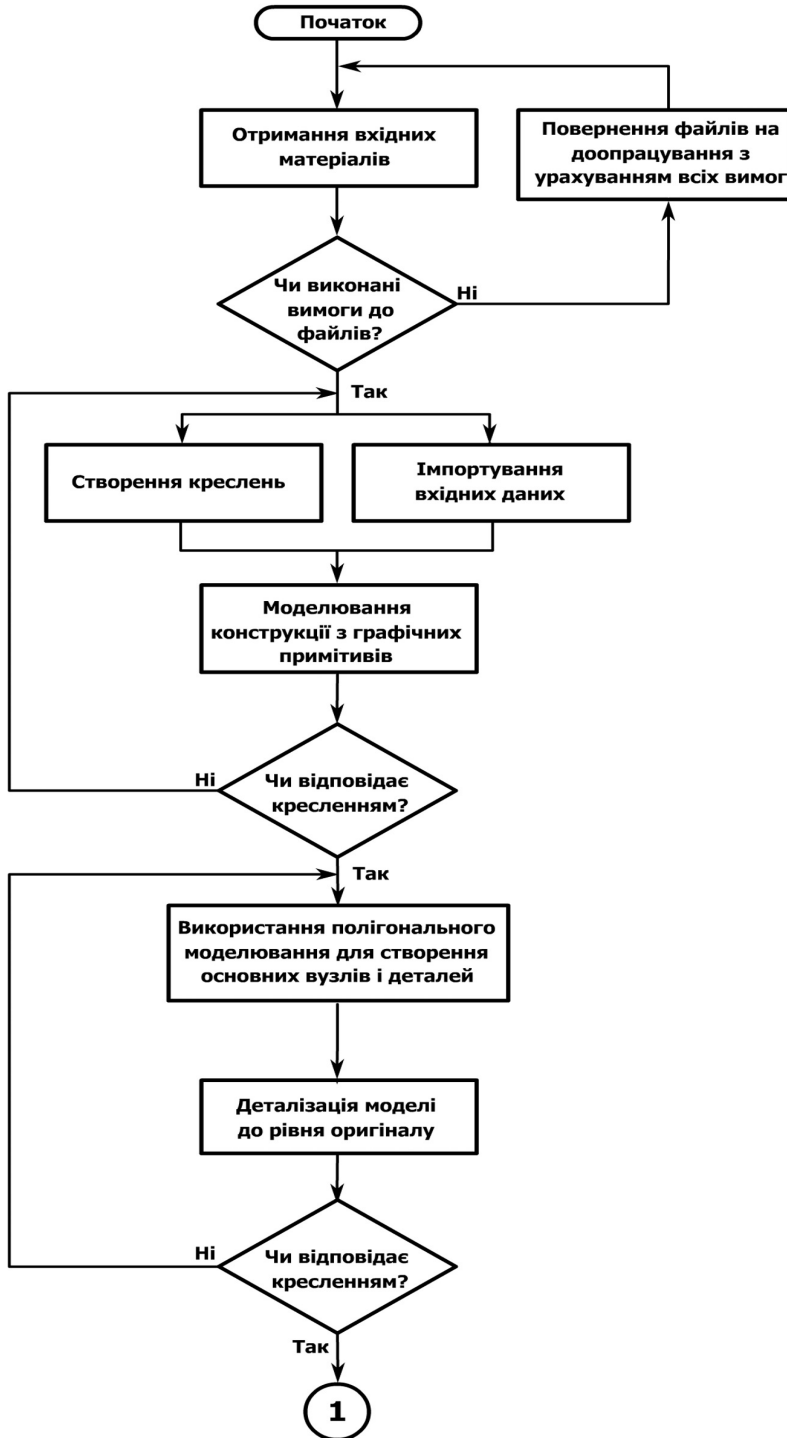
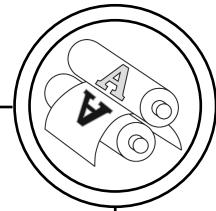


Рис. 5. Алгоритм процесу розробки 3D моделі друкарського устаткування за допомогою полігонального моделювання. Початок

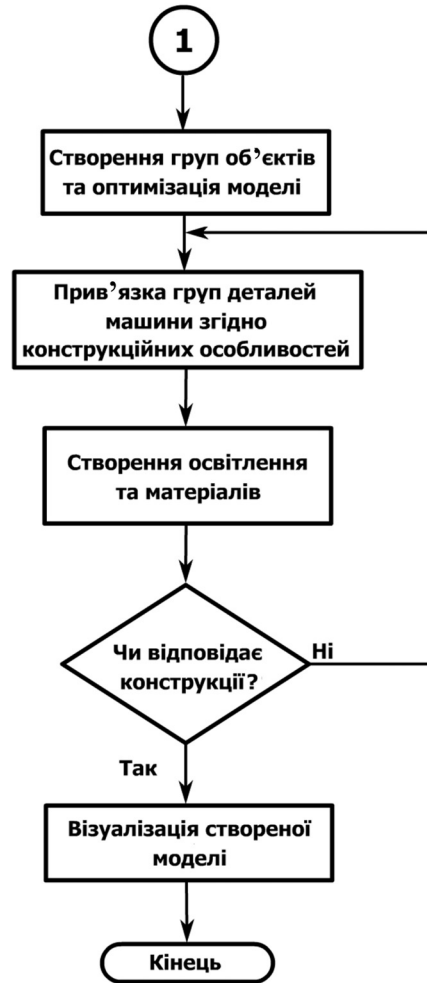
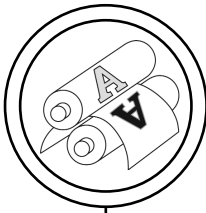


Рис. 5. Алгоритм процесу розробки 3D моделі друкарського устаткування за допомогою полігонального моделювання. Закінчення

метрам. Лише після виконання даних вимог можна очікувати на якісну 3D модель, що візуально і конструктивно може відповідати задачі проекту, а також може бути раціонально використаною або ж інтегрованою у нову систему.

**Висновки**

При виконанні дослідження розроблено класифікацію 3D

редакторів; проаналізовано і обрано найоптимальніший метод 3D моделювання, за допомогою якого була створена інтерактивна 3D модель друкарського устаткування КВА Rapida 105. Складено алгоритм виготовлення даної 3D моделі на основі методу полігонального моделювання, що може слугувати основою при створенні моделей схожого призначення.



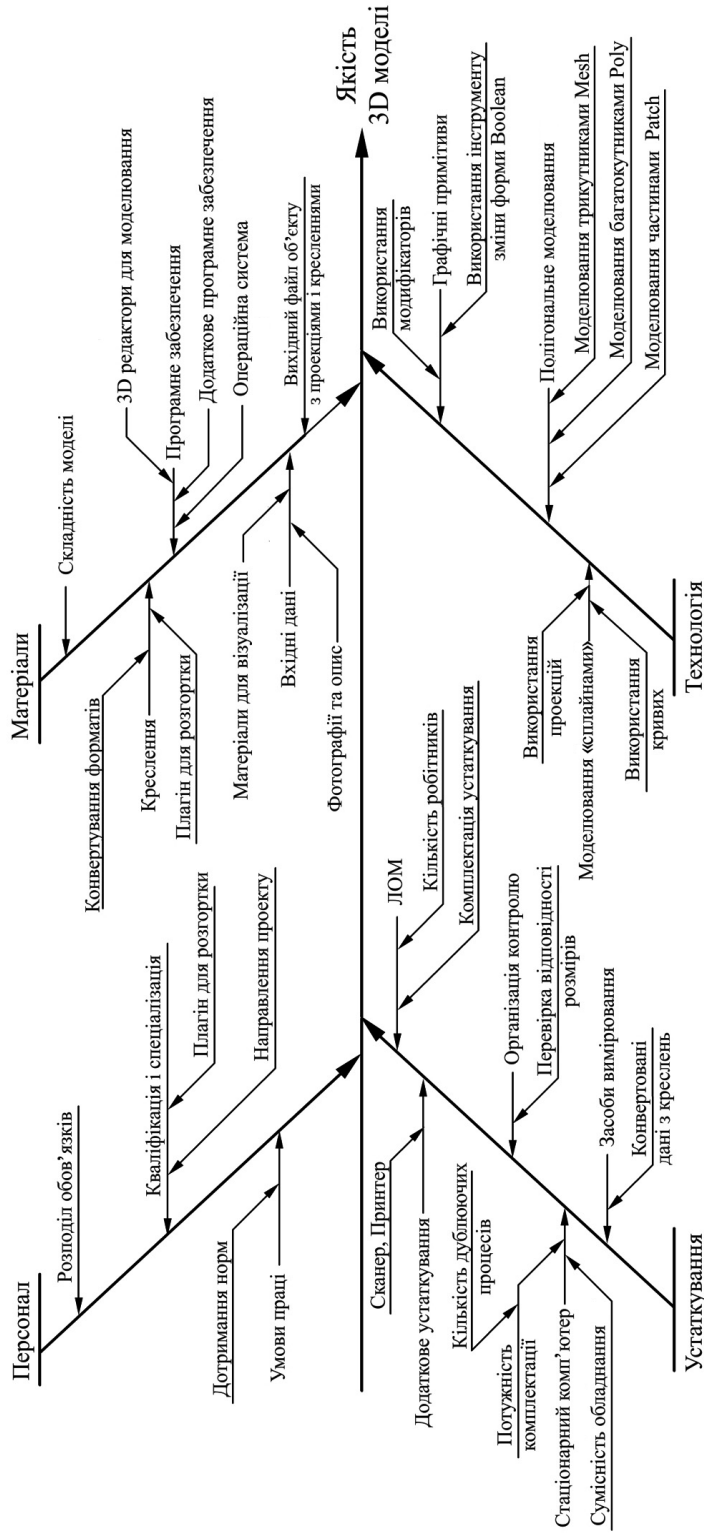
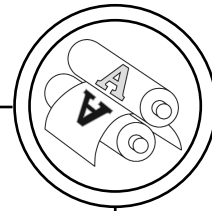
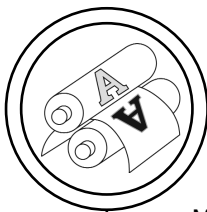


Рис. 6. Чинники впливу на якість розробки інтерактивних 3D моделей



Проведено аналіз та систематизацію чинників, які впливають на якість створення і подальшої обробки 3D моделей, що дозволяє чітко поставити задачу моделювання і створити якісний інтерактивний продукт.

1. Кальвик Д. 3Ds Max. Осваиваем на практике создание трехмерных миров / Д. Кальвик. — М. : Наука и техника, 2006. — 384 с. 2. Яцюк О. Основы графического дизайна на базе компьютерных технологий / О. Яцюк. — СПб. : БХВ-Петербург, 2004. — 231 с. 3. Дж. Ли. Трёхмерная графика и анимация / Дж. Ли, Б. Уэр. — М. : Вильямс, 2002. — 640 с. 4. Д. Херн. Компьютерная графика и стандарт OpenGL / Д. Херн, М. П. Бейкер. — М. : Вильямс, 2005. — 1168 с. 5. Бендер Б. 3D вокруг нас / Б. Бендер. — М. : Вильямс, 2003. — 400 с. 6. Иванов В. П., Батраков А. С. Трёхмерная компьютерная графика / Под ред. Г. М. Полищука. — М. : Радио и связь, 1995. — 224 с.

1. Kal'vik D. 3Ds Max. Osvaivajem na praktike sozdanie trehmernyh mirov / D. Kal'vik. — M. : Nauka i tehnika, 2006. — 384 s. 2. Jacjuk O. Osnovy graficheskogo dizajna na baze komp'juternyh tehnologij / O. Jacjuk. — SPb. : BHV-Peterburg, 2004. — 231 s. 3. Dzh. Li. Trjohmernaja grafika i animacija / Dzh. Li, B. Ujer. — M. : Vil'jams, 2002. — 640 s. 4. D. Hern. Komp'juternaja grafika i standart OpenGL / D. Hern, M. P. Bejker. — M. : Vil'jams, 2005. — 1168 s. 5. Bender B. 3D vokrug nas / B. Bender. — M. : Vil'jams, 2003. — 400 s. 6. Ivanov V. P., Batrakov A. S. Trjohmernaja komp'juternaja grafika / Pod red. G. M. Polishhuka. — M. : Radio i svjaz', 1995. — 224 s.

Рецензент — О. В. Зоренко, к.т.н.,  
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 10.06.13