

УДК 658.512.23:004

ДИЗАЙН КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОДКЛЮЧАЕМОГО ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ AUTOMORPH

В.В. Дронов, М.С. Кухта

Томский политехнический университет

E-mail: v.dronov@tpu.ru

Выявлены предпосылки и условия для автоматизированного генерирования вариантов твердотельных компьютерных моделей объектов предметного дизайна на примере керамических изделий. Представлен дизайн-проект серии компьютерных моделей керамических изделий, полученной с применением автоматизированного генерирования по заданным параметрам исходной модели. Разработан и внедрен в производство гончарных изделий подключаемый программный модуль AutoMorph. Представлены результаты хронометрирования процесса машинного генерирования серии моделей. Предложен метод оценки моделей, полученных автоматизированным способом на основе методов экспертных оценок.

Ключевые слова:

Автоматизация проектирования, подключаемый программный модуль, предметный дизайн, оценка качества изделия, керамические изделия, САПР.

Key words:

Design automation, software plug-in, industrial design, quality assessment, ceramics, CAD.

Создание объектов предметного дизайна в настоящее время неразрывно связано с применением прогрессивных промышленных технологий, а также с постоянным развитием технических средств и методов, применяемых в процессе проектирования. В первую очередь это обусловлено развитием компьютерной техники и средств автоматизации производства. Так, получившая в последнее десятилетие распространение технология быстрого прототипирования, также известная как 3D печать или 3D выращивание, позволяет в значительной степени сократить время на изготовление опытных образцов продукции. В связи с этим появляется возможность за тот же отрезок времени рассмотреть большее количество вариантов исполнения проектируемого изделия.

В условиях конкурентного сосуществования на рынке субъектов, предлагающих дизайнерские услуги, немаловажными факторами становятся временные затраты на разработку дизайн-проекта изделия, а также количество предоставляемых заказчику вариантов исполнения изделия. Таким образом, актуальность данной работы определяется необходимостью обеспечить промышленного дизайнера инструментарием, позволяющим в автоматизированном режиме генерировать большее количество вариантов исполнения трехмерной компьютерной модели. Обоснованное применение такого инструментария позволяет находить новые дизайнерские решения, снизить трудозатраты на получение вариантов изделия.

Среди различных технологий моделирования объектов предметного дизайна компьютерные технологии заняли в последнее время прочное место. Компьютерная (или виртуальная) модель, в общем смысле, есть модель физического объекта; такая модель является численным описанием объекта (в общем случае – сильно упрощенным), которое может быть использовано в компьютерной симуляции виртуальной реальности. Создание виртуаль-

ной модели – процесс создания математической репрезентации любого трехмерного объекта с помощью специализированного программного обеспечения [1, 2]. С исторических позиций понятие виртуальной модели относится как к модели, созданной с целью визуализации трехмерного объекта для сугубо эстетических целей, так и к модели, созданной для последующего воплощения ее в материале в промышленных условиях [2, 3]. Таким образом, с точки зрения конечного предназначения виртуальной модели можно выделить два наиболее значимых подхода к трехмерному компьютерному моделированию: а) сеточная аппроксимация при помощи пакетов трехмерной визуализации и б) построение математически точных твердотельных моделей при помощи промышленных систем автоматизированного проектирования (САПР) [4].

Анализ характерных особенностей компьютерных программ, реализующих вышеуказанные подходы к построению виртуальной трехмерной модели изделия, позволяет выделить следующие их особенности. Моделирование с целью визуализации (системы трехмерного моделирования, визуализации и анимации): модели строятся в большинстве случаев при помощи аппроксимирующей триангуляционной сетки, при этом условие герметичности полученного объема модели не ставится; в случае применения параметрических поверхностей смыкание кромок смежных поверхностей также не требуется; имеется развитый инструментарий получения фотореалистичных изображений моделируемого объекта; имеется развитый инструментарий произвольной геометрической модификации моделируемого объекта; инструменты для оформления конструкторской документации отсутствуют; точность обмена геометрическими данными ограничена точностью аппроксимирования модели, при этом, как правило, невозможна однозначная параметрическая трансляция геометрической информации.

Моделирование с целью воплощения модели в материале (САПР): построение модели при помощи математически точных параметров, организованных в иерархическую структуру для получения замкнутого герметичного объема модели; базовый инструментарий получения фотореалистичных изображений моделируемого объекта, расширяемый, однако, с помощью подключаемых программных модулей; модификация геометрии моделируемого объекта посредством изменения параметров, описывающих геометрию модели; развитой инструментарий для оформления конструкторской документации; обмен данными с пакетами автоматизированного оформления технологической информации и контрольно-измерительной аппаратурой с передачей параметризованной неаппроксимированной геометрической информации.

В соответствии с этапами производственного цикла изделия [2] и вышеперечисленными особенностями подходов к созданию виртуальной модели изделия, можно указать, что модели, созданные в САПР применяются на этапах проработки концепции и конструирования нового изделия либо модернизации существующего решения, создания конструкторской документации (разработка чертежей), планирования производственного процесса (при помощи систем автоматизированной подготовки технологической информации и систем планирования ресурсов предприятия ERP), на этапах производства изделия (создание программ для оборудования с ЧПУ) и контроля качества (сверка размеров идеального представления модели с полученным в результате производственного процесса изделием при помощи контактных или бесконтактных измерительных машин). Кроме того, информация полученная из моделей, созданных в САПР, может применяться для получения высококачественной фотореалистической визуализации моделируемого объекта и разработки руководств конечного пользователя, а также руководств по сборке и эксплуатации изделия, если таковые требуются.

В свою очередь, модели, полученные в пакетах трехмерной визуализации, имеют ограниченное

применение на этапах производственного цикла – это разработка эскизного проекта, а также частичное применение на этапах конструирования и разработки эксплуатационной документации. Информация, содержащаяся в файлах моделей этого типа, мало применима в реальном производственном процессе в силу своей аппроксимирующей природы – точная и математически однозначная геометрическая информация из них не может быть извлечена. Таким образом, при построении виртуальной модели в САПР главенствующими являются однозначность и точность геометрической интерпретации модели на основе параметров ее создания.

подавляющее большинство современных промышленных САПР (Siemens NX, Autodesk Inventor, PTC Pro/ENGINEER, Dassault Systems CATIA, SolidWorks corporation SolidWorks) обладают интерфейсом программирования приложений (API – *application programming interface*), позволяющим пользователю получать непосредственный доступ к параметрам модели для произвольной их модификации [2, 3, 5, 6]. Авторы предлагают концепцию произвольного перебора значений параметров модели, разработанной в САПР, в пределах, определенных пользователем, с целью получения семейства моделей, наделенных общими функциональными и архитектурными признаками, но отличающихся нюансировкой и визуальным решением. Преимуществом предлагаемого подхода является непосредственная применимость моделей, разработанных в САПР в производственном процессе в силу вышеперечисленных причин (однозначное математическое описание геометрии), а также автоматизация процесса создания разнообразных визуальных решений функционально сходных изделий.

Алгоритм автоматизированного получения семейства моделей включает:

1. Архитектонический анализ существующих дизайнерских решений разрабатываемого изделия.
2. Выделение наиболее значимых параметров, определяющих структуру изделия.



Рис. 1. Прототипы виртуальной модели. Средние габариты: высота – 100 мм; диаметр – 90 мм

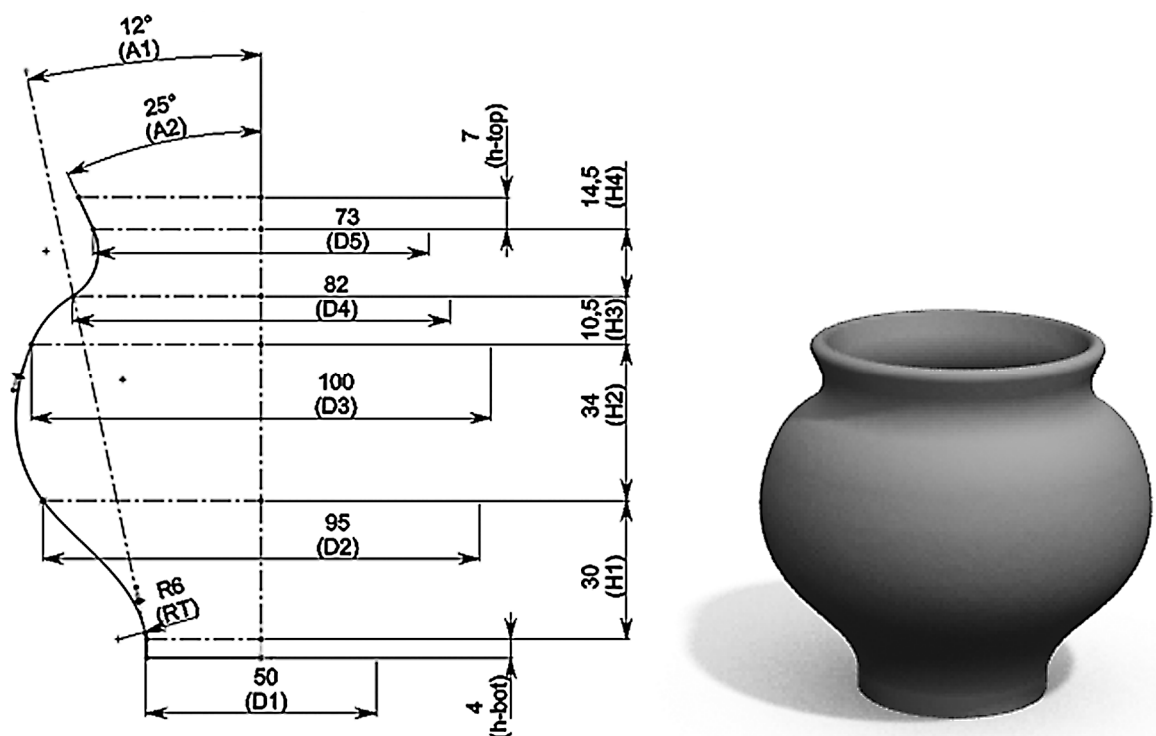


Рис. 2. Профиль модели с поименованными параметрами и готовая модель-родитель

3. Определение диапазонов изменения параметров.
4. Построение параметрической модели изделия.
5. Автоматизированное создание семейства моделей на основе параметров, определенных на этапах 2 и 3.
6. Экспертная оценка полученного семейства моделей с целью отбора наилучших представителей.

Для иллюстрации предложенного подхода авторы предлагают тестовый проект, основанный на анализе реальных керамических изделий. В качестве предмета для апробирования изложенных выше предпосылок выбраны гончарные изделия, производимые фирмой по производству художественной керамики «Салтан». Фотографии реальных прототипов-родителей приведены на рис. 1.

Для генерирования серии моделей-потомков построен прототип-родитель в САПР SolidWorks. Каждому из значимых параметров модели присвоено условное имя [3, 5]. Модель с наименованиями параметров приведена на рис. 2. Все размеры модели выражены в мм.

Оценка количества возможных комбинаций целочисленных значений параметров по правилам комбинаторики [7] дает следующий результат:

$$A = \prod_1^k n_1 n_2 \dots n_k,$$

здесь A – количество размещений; k – длина размещения (соответствует количеству изменяемых параметров); n – количество элементов множества (количество возможных значений параметра).

Очевидно, что все возможные комбинации параметров рассмотреть не представляется возможным, поэтому создание каждого нового сочетания параметров происходит в случайном порядке. Пользователь лишь выбирает количество вариантов модели, которые он хотел бы оценить исходя из заданных условий.

Машинное время, затрачиваемое на генерацию заданного числа вариантов, оценивается по формуле:

$$T = t_{fs} k_e N,$$

здесь N – количество генерируемых вариантов; t_{fs} – время на полное перестроение модели, оценивается с помощью встроенного в САПР средства сбора статистической информации (Feature Statistics в случае SolidWorks); k_e – эмпирический коэффициент.

Хронометрирование деятельности подготовленного оператора, выбраковывающего из общего числа сгенерированных вариантов те, которые не могут быть перестроены из-за несовместимого сочетания параметров, показало, что среднее время, затрачиваемое на сортировку успешно перестроенных от неперестраиваемых моделей, составляет 3,2 с. Хронометрирование производилось серий из шести замеров, в каждом из которых сортировались по 100 моделей. Полученные эмпирические данные позволяют оценивать временные затраты на генерирование и первичный отбор заданного числа виртуальных моделей.

Генерирование моделей производилось с помощью подключаемого программного модуля Auto-

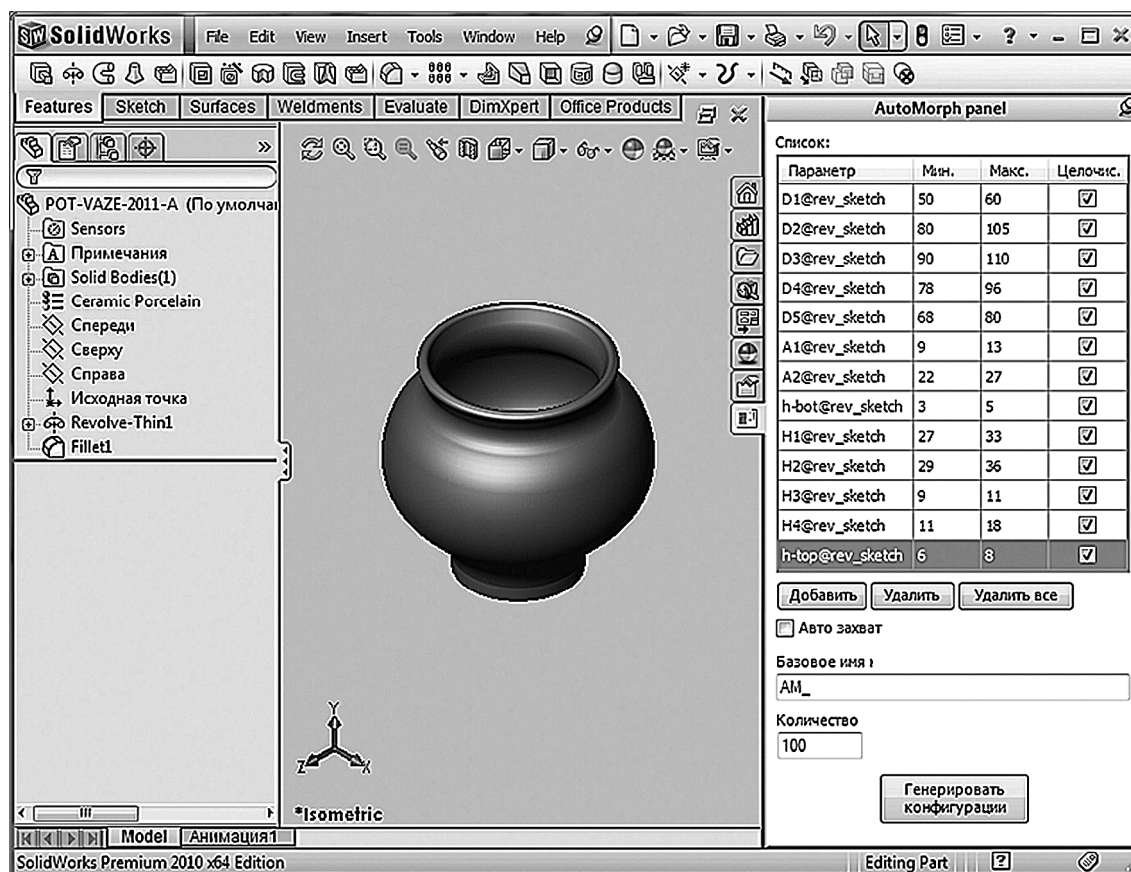


Рис. 3. Панель AutoMorph с набором параметров рассматриваемой модели

Morph (авторы – В.В. Дронов, И.Ю. Рябов), написанного на языке C# с использованием библиотек API SolidWorks. AutoMorph встраивается в основное приложение в виде боковой инструментальной панели, с помощью которой пользователь имеет возможность задать требуемый набор параметров для генерации, диапазон изменения каждого параметра, а также ограничить значения параметра целыми числами. На рис. 3 изображен снимок панели AutoMorph с набором параметров рассматриваемой модели.

Новые варианты модели размещаются непосредственно в исходном документе в виде производных конфигураций, что позволяет получать в одном документе несколько наборов моделей с различными исходными диапазонами изменений параметров.

В тестовом проекте были сгенерированы две серии моделей-потомков, каждая включала в себя по 200 экземпляров моделей-потомков. В первой серии моделей отклонение большинства параметров не превышало 10...15 %, а во второй серии эти отклонения превышали указанный порог. Было отмечено, что некоторые модели из второй серии могут рассматриваться как самостоятельные дизайнерские решения, имеющие для этого архитектурнику, в достаточной степени отличную от исходной модели.

На рис. 4 и 5 приведены некоторые из полученных моделей для первой и второй серии. В центре иллюстрации приведена исходная модель-родитель.

Отбор вариантов, отвечающих современным требованиям дизайна, проводится методом экспертных оценок, под которым понимается определение уровня функциональных и эстетических качеств изделия, объективное выявление его достоинств и недостатков, а также соответствие предложенного изделия предъявляемым современным требованиям. Методики, разработанные во Всесоюзном научно-исследовательском институте технической эстетики, г. Москва, послужили основой для разработки общих принципов оценки дизайна промышленного изделия [8, 9]. Основными критериями, выделенными для оценки моделей, являются: эстетико-художественный уровень, технологичность и эргономичность модели.

Из множества применяемых экспертных методов за основу взяты заочные экспертные методы [10, 11], поскольку именно они позволяют провести оценку либо ранжирование моделей по некоторому заранее определенному дизайнером либо заказчиком проекта набору признаков, а именно анкетный опрос. В анкету для опроса вносятся основные эстетические, художественные, технологические и конструктивные критерии. Экспертные

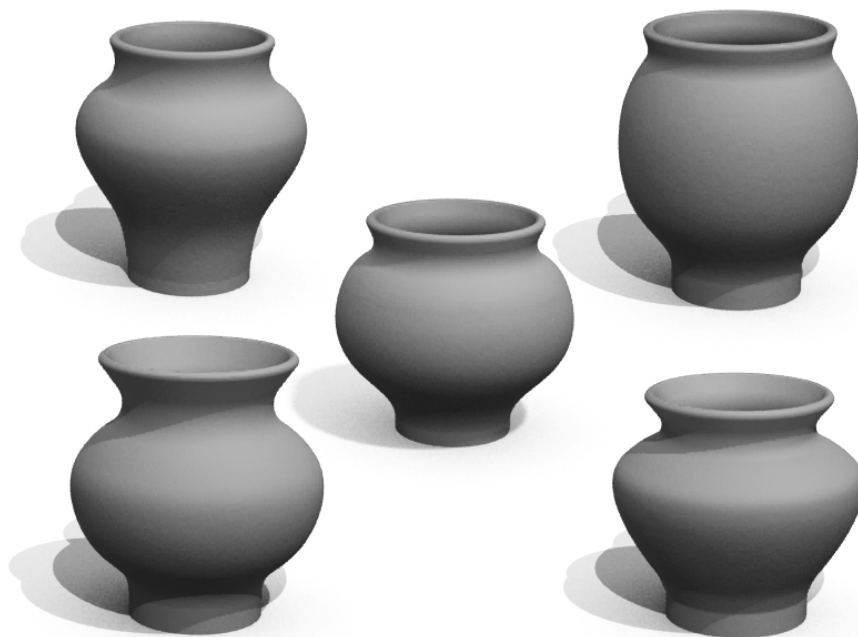


Рис. 4. Варианты моделей из серии с отклонениями параметров не выше 10...15 %. Исходная модель в центре

методы позволяют определить предпочтительные варианты модели даже в тех случаях, когда каждый отдельный признак плохо поддается численному оцениванию. Так, из ситуации, когда затруднительно непосредственное числовое оценивание, можно выйти попарным сравнением объектов. При необходимости могут быть применены само- и взаимооценка экспертов, а также, если позволяют временные рамки, совмещение этих методов для вычисления весов компетентности экспертов.

Оптимальное количество экспертов [10] может быть определено как

$$N=0,5(300/b+5).$$

где b – необходимая точность экспертизы, в %.

В случае применения оценочной анкеты для установления объективности оценок экспертов производится сопоставление среднеарифметических оценок с медианными значениями. Если картина с медианами повторяет картину средних арифметических оценок, то оценка считается приемлемой. В противном случае требуется переформулировать анкету.

Предложенный метод может быть применен для реализации сценариев «что если?», поиска неожиданных решений, снятия креативного блока, преодоления психологической инерции и т. п. [11, 12], а также предоставляет обширное поле для анализа и последующего улучшения и нюансировки



Рис. 5. Варианты моделей из серии с отклонениями параметров, превышающими порог в 10...15 %. Исходная модель в центре

как исходной модели, так и ее автоматически полученных потомков. Кроме того, нужно учитывать, что на получение заданного оператором числа вариантов модели, а также на построение новой серии вариаций, если предыдущая серия оказалась неудачной, затрачивается только машинное время. Дизайнер (или группа экспертов-дизайнеров) занимается творческим переосмыслением полученных результатов.

Выводы

Установлено, что автоматизированное генерирование вариантов твердотельных моделей с помо-

щью программного модуля AutoMorph позволяет получать модели-потомки с последующим их отбором. Предложены методы отбора вариантов моделей, отвечающих современным требованиям дизайнера. Результаты хронометрирования процесса создания моделей позволяют сопоставить уровни эффективности автоматизированного генерирования вариантов с методами стандартного дизайн-проектирования. Представлен дизайн-проект с результатами автоматизированного проектирования гончарных изделий. Результаты работы апробированы и внедрены в деятельности фирмы по производству художественной керамики «Салтан».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джонс Д.К. Методы проектирования. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
2. Корячко В.П., Курейчик В.М., Норенков И.П. Теоретические основы САПР. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с.
3. Тику Ш. SolidWorks 2006. – СПб.: Питер, 2007. – 720 с.
4. Дронов В.В. Автоматизация перебора параметров как креативный инструмент промышленного дизайна // Технология художественной обработки материалов: Матер. XII Всерос. научно-практич. конф. – Ростов-н/Д.: Ростовский гос. строит. ун-т, 2009. – С. 101–103, 139.
5. Matt L. SolidWorks Surfacing and Complex shape modeling. – Indianapolis: Wiley Publishing, 2008. – 460 p.
6. Аведьян А.Б., Викентьев Е.Е. SolidWorks API – универсальная платформа для интеграции инженерных и бизнес-приложений // САПР и графика. – 2006. – № 6. – С. 28–36.
7. Холл М. Комбинаторика. – М.: Мир, 1970. – 424 с.
8. Кухта М.С., Жукова Л.Т., Гольдшмидт М.Г. Основы дизайна. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 288 с.
9. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды. – М.: Логос, 2001. – 356 с.
10. Макарова, Л.В. Измерение качества продукции и услуг. – Пенза: ПГУАС, 2009. – 72 с.
11. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа. – Томск: Изд-во НТЛ, 1997. – 396 с.
12. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – СПб.: Лань, 2007. – 368 с.

Поступила 28.02.2011 г.