



Исследование особенностей 3D моделирования и печати

Н.А. Евдокимова

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье представлено исследование технологии 3D моделирования и 3D печати из определенного набора программ, краткое описание нескольких примеров экспериментального использования 3D-печати. В ходе проведенного исследования инициативной группой студентов под руководством педагога, в трех представленных программах (Autodesk 3ds Max, Autodesk Maya, Graphisoft Rhino) были выполнены 3D модели деталей интерьера. Полученные модели были в уменьшенном размере напечатаны на 3D принтере. Опытным путем, в результате конвертации в форматы печати выявилось, что на некоторых моделях возникают отверстия, что приводит к дальнейшему технологическому циклу подготовки модели к печати. В него входили удаления отверстий, настройка принтера, либо моделирование моделей другими способами. Экспериментально выяснилось, что из Rhino не печатаются пересекающиеся поверхности и примитивы.

Ключевые слова: пространственное моделирование, 3D печать, архитектура, дизайн, компьютерный эксперимент.

Введение

Архитектурное и дизайнерское проектирование по своей сути представляет собой пространственное моделирование различных объектов, начиная от зданий, сооружений, их интерьеров, городской среды и, заканчивая отдельными бытовыми предметами. Традиционно графическое моделирование осуществлялось с помощью карандаша и бумаги, а затем создавали объемные модели с помощью той же бумаги, картона, пластилина, пластика и других средств. Сегодня же процесс пространственного моделирования профессионалами осуществляется с помощью различных программных средств, позволяющих получить не только плоскостное графическое отображение проектируемого объекта, но и просмотреть его с различных сторон, а для лучшего восприятия создать анимационный ролик.

Естественно, что для получения навыков трехмерного моделирования пространственных объектов студентов архитекторов и дизайнеров в процессе обучения знакомят с различными компьютерными программами, позволяющими осуществлять этот процесс. Новейшие разработки программного обеспечения графических пакетов позволили вывести моделирование и макетирование на новый, качественный уровень [1-3]. В



процессе учебного проектирования студенты создают и могут осуществлять просмотр с различных видовых точек моделируемый объект, что особенно важно для сложных форм с плавными переходами одной формы в другую. Кроме того, если раньше процесс создания твердой копии модели занимал достаточно большое время, требуя дополнительных навыков работы с пластиком, картоном и другими макетными материалами, сегодня появилась возможность реализовать свои проекты в 3D печати [4-7]. В Академии архитектуры и искусств Южного федерального университета при обучении студентов-архитекторов и дизайнеров используются комплексные графические пакеты, способные свободно импортировать и экспортировать файлы без потери масштаба, качества, либо же воспринимать их как собственные. Такими пакетами, используемыми при трехмерном моделировании и печати, являются продукты компании Autodesk: 3ds Max Design и Maya, а также продукция Graphisoft - Rhinoceros (Rino) и плагин к нему Grasshopper, создающий дефинишины (описания), генерирующие формы. Комбинация программ Rhino и Grasshopper была предложена самими производителями, компанией по производству программного обеспечения Graphisoft. В отличие от собственного плагина RhinoScript, Grasshopper демократичен и не требует никаких знаний программирования или написания сценариев, однако, он позволяет создавать генерируемые параметрические формы (объекты с плавными, текучими изгибами).

Программы Autodesk 3ds Max, Autodesk Maya схожи по своему функционалу и рынку потребителей. Разнообразные способы моделирования, создания виртуальной реальности и широкие возможности анимации определили их область применения. Поскольку эти программы постепенно покупались у их бывших производителей и на сегодняшний день находятся под руководством фирмы Autodesk, это не могло не повлиять на развитие либо закрытие программных продуктов как проектов. В 3dsMax давно не



обновлялся интерфейс, и он прирастает только сторонними плагинами. Из этих двух программ, практически только Maya динамично развивается. Rhino и Grasshopper, как комбинация программ, предназначены для создания параметрических объектов, поскольку увеличивает возможности при создании сложнейших форм и структур. Параметрическая архитектура в современное время активно развивается, так как она дает решение проблемы совмещения дизайна и нагрузок на конструкции, благодаря чему существенно упростилась работа архитектора и дизайнера [8-10]. Результаты анализа наиболее востребованных программ 3D моделирования, используемых при обучении студентов-архитекторов и дизайнеров, приведены в таблице №1.

Таблица № 1

Сравнение выбранных программ для 3D моделирования

Рассматриваемые программы	Основные способы моделирования по натяжению поверхности	Удобство и особенности моделирования
Autodesk 3ds Max	Полигоны, NURBS, NURMS	Архаичный интерфейс, и NURBS моделирование с не всегда предсказуемым результатом, так как перекручиваются вершины. Для дальнейшей работы с поверхностью надо строить дубликат каркаса. Полигональное моделирование реализовано более удачно. Имеет различные готовые модификаторы для изменения структуры объекта.



Autodesk Maya	Полигоны, NURBS	В данной программе NURBS определены как параметрические кривые Безье, что дает огромные возможные при моделировании различных объектов. Однако, количество настроек для модификации кривых невелико. Также надо отметить, что модификаторы, типичные для Max, в Maya доступны в режиме анимации. Как и в Max, здесь можно с легкостью конвертировать NURBS в полигоны, например, чтобы освободиться от швов в местах сочленения отдельных деталей, т.к. NURBS не дает монолитный объем.
Graphisoft Rhino и плагин Grasshopper.	Полигоны, NURBS, построение связей между компонентами при помощи дефинишинов.	Позволяет использовать параметрию и предназначен для моделирования сложных NURBS поверхностей. Можно отметить, что в отличие от часто перекручивающихся NURBS в Max, их натяжение более предсказуемо. Полигональная сетка из NURBS-поверхности Mesh Surface получается здесь



		<p>при помощи плагина Grasshopper. Сложные составные поверхности (polysurface) преобразовываются в единую полигональную сетку с помощью входящего в состав плагина компонента Mesh Brep (Brep Полигональной Сетки). Следует отметить также удобный инструмент Loft, который, в отличие от Max, позволяет строить поверхность по сечениям и без направляющей. Кроме того, такие поверхности можно модифицировать, перемещая вершины по сечениям. Тем не менее, полигональное моделирование в рассмотренных выше программах удобнее, чем в Rhino.</p>
--	--	---

С целью выявления особенностей моделирования пространственных объектов в рассматриваемых программах и получения твердых копий моделей на 3Dпринтере автором совместно с группой студентов был проведен модельный эксперимент. В ходе эксперимента в исследуемых программах было выполнено 3D моделирование ряда предметов наполнения интерьера и получены на 3D принтере их уменьшенные твердые копии. Основные результаты эксперимента в виде 3D модели и фотографии полученных копий на рис. 1-5.

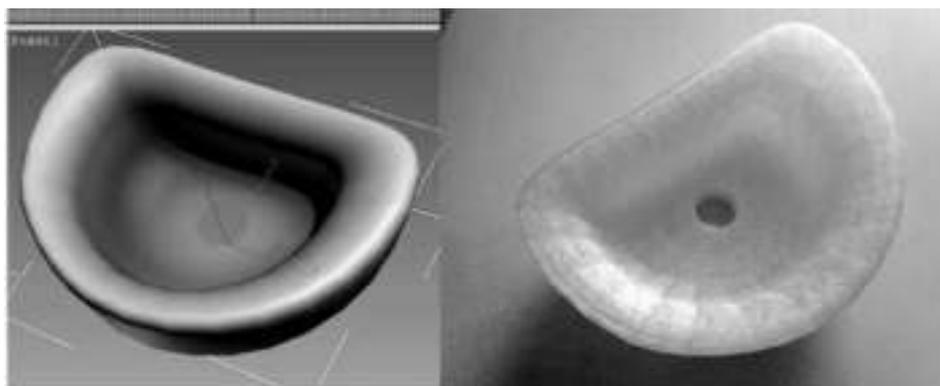


Рис. 1. – Модель раковины, подготовленная в Autodesk 3ds Max.

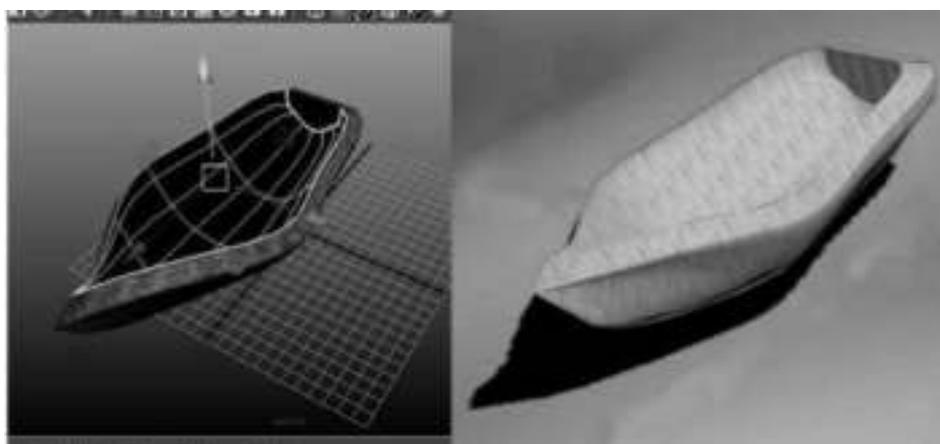


Рис. 2. – Модель лодочки, подготовленная в Autodesk Maya.

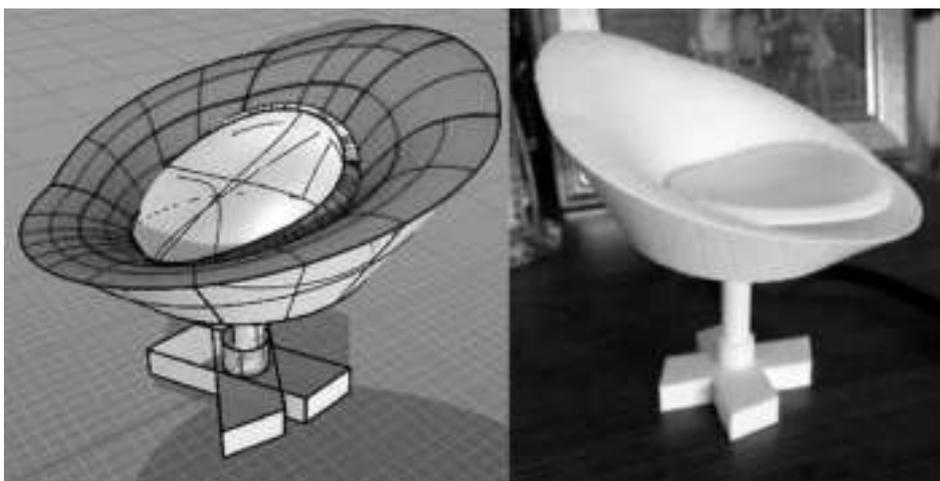


Рис. 3. – Модель кресла, выполненная в Graphisoft Rhino.

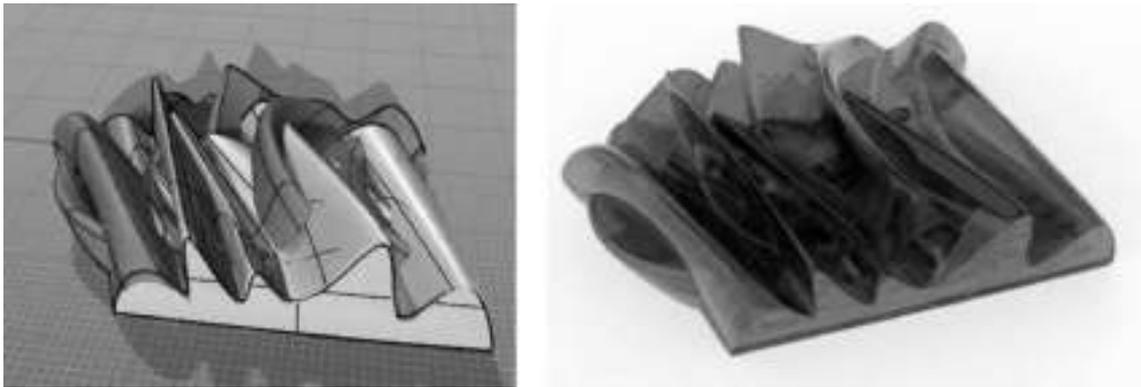


Рис. 4. – Параметрическая поверхность, подготовленная в Graphisoft Rhino и плагине Grasshopper.

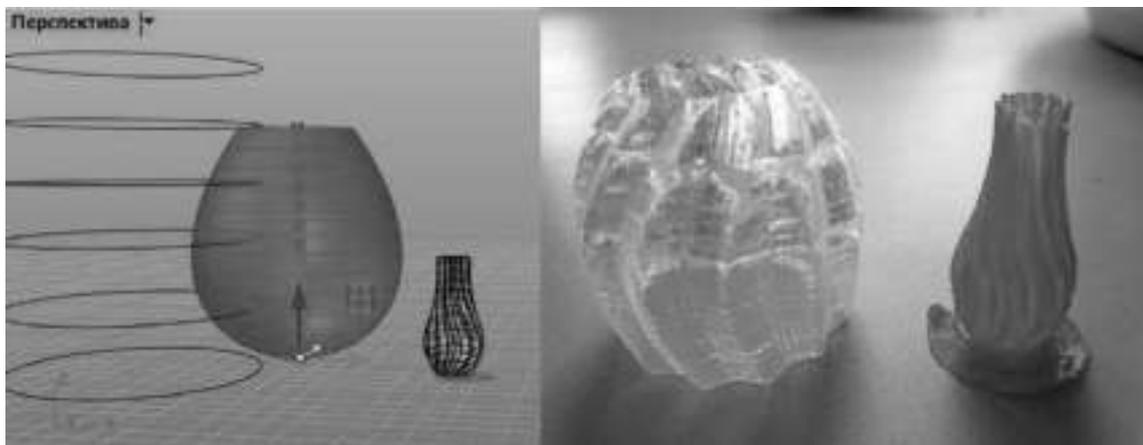


Рис. 5. – Параметрические вазы, подготовленные в Graphisoft Rhino и плагине Grasshopper.

В ходе эксперимента было выявлено, что основными критериями, предъявляемыми к модели при печати, является ее твердость и отсутствие скруток и перехлестов.

В результате конвертации в форматы печати (obj; stl) обнаружилось, что:

1) На некоторых моделях возникают отверстия. После удаления с помощью программы Trinckle ошибочно появившихся в модели отверстий, модель была подготовлена для последующей печати на 3D принтере с учетом особенностей конкретного принтера. В нашем случае использовалась программа Ultimaker Cura.



2) Если, несмотря на применение программы Ultimaker Cura, отверстия все же оставались, то создавалась новая модель, но уже с использованием модификаторов. Так, в процессе выяснилось, что из Rhino не печатаются пересекающиеся поверхности и примитивы.

В результате анализа твердых копий, полученных на 3D принтере, были выявлены следующие особенности печати:

1. Autodesk 3ds Max: напечатанная поверхность детали не очень гладкая, граненая.

2. Autodesk Maya: модели вообще не печатаются на имеющемся в нашем распоряжении оборудовании. Ранее существовал плагин Collada Maya от Feeling Software для подготовки моделей для печати из May. Однако, на сегодняшний день проект закрыт, поскольку он был неудачно интегрирован в состав 3ds Max и Maya, что приводило к множественным ошибкам и отверстиям в поверхности при конвертации модели в форматы 3D печати.

3. Graphisoft Rhino в силу особенностей описания NURBS создает гладкую поверхность, не нуждающуюся в редактировании бормашиной и шлифовании.

4. Плагин Grasshopper требует тщательных настроек принтера для печати. Поскольку принтер печатает замкнутые поверхности, надо тщательно проверять геометрию и нормали модели, иначе оборудование воспримет их как отверстия. Однако, в моделях, созданных с использованием Grasshopper, настройки не всегда помогали, поэтому для удаления отверстий использовалась программа Trinkle.

Таким образом, в результате эксперимента выявлено, что в результате конвертации в форматы печати на некоторых моделях возникают отверстия, что требует перехода к дальнейшему технологическому циклу подготовки модели к печати. В него входили: удаление отверстий, настройка принтера, либо моделирование моделей другими способами. Также результаты

эксперимента показали, что из Rhino не печатаются пересекающиеся поверхности и примитивы. Полученный вывод свидетельствует о том, что не все трехмерные модели, сформированные с помощью исследуемых в настоящей статье программ, могут быть распечатаны на 3D-принтере после конвертации в файлы для печати. Кроме того, выявлена разница в результате 3D печати: модели, сформированные в 3ds Max, получают с гранями (основа их моделирования - полигоны и Nurbs). Программы сглаживают на экране грани модели, и лишь только Rhino (усовершенствованные Nurbs) дает гладкие, текучие линии при 3D-печати. Он обладает программно другими Nurbs, которые корректно отображают размеры и толщину и воспринимаются станками с ЧПУ.

Как итог эксперимента созданные модели были напечатаны на принтере. Затем, с учетом особенностей результата, получаемого с помощью конкретных программ и настроек принтера, были скорректированы способы моделирования объектов. После этого, модели из рассматриваемых программ были импортированы в межплатформенный формат 3D Studio и собраны в 3ds Max, где и произошла итоговая визуализация, показанная на рис.6.



Рис. 6. Интерьеры инициативной группы студентов, собранные в 3ds Max из моделей, импортированных из моделей Rhino и Maya.

Литература

1. Герасимова В.О., Любин Н.С., Петрова В.С. Технология 3D-печати в



строительстве и архитектуре // Инженерный вестник Дона, №1, 2019. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5737

2. Иевлева О.Т., Карпюк Т.А., Кошевой А.И. Визуализация результатов историко-теоретических исследований архитектурного наследия. Национальный Исследовательский Ядерный Университет "МИФИ" // Научная визуализация. Статья рекомендована к печати программным комитетом 24-й Международной конференции по компьютерной графике и зрению. Ростов-на-Дону. ГрафиКон'2014 Квартал 4, том 6, номер 4, стр. 11-21.

3. Ившин К. С., Башарова А. Ф. Принципы современного трехмерного моделирования в промышленном дизайне // Архитектон: известия вузов № 39 // Сентябрь 2012 ISSN 1990-4126. С.101-113. URL:
old.archvuz.ru/PDF/%23%2039%20PDF/ArchPHE%2339 (Art11). pp101-113IvshinBasharova.pdf

4. Лунева Д.А., Кожевникова Е.О., Калошина С.В. Применение 3D-печати в строительстве и перспективы ее развития // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 90–101. URL:
doi.org/10.15593/2224-9826/2017.1.08

5. Никифорова, А. Н. Архитектурные проекты Захи Хадид для Китая // Новые горизонты - 2016: сборник материалов III Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума, 29–30 ноября 2016 года. – Минск: БНТУ, 2016. – С. 22-23.

6. Соболевский, Н. Р., Костюкович О.В. Параметрическое моделирование в бионике и ее исследование // Форум проектов программ Союзного государства – VI Форум вузов инженерно-технологического профиля: секция "Молодежное инновационное предпринимательство":



сборник тезисов докладов молодых ученых, 24–28 октября 2017 г. – Минск: БНТУ, 2018. – С. 18-22.

7. Серков А.И. Развитие технологии трехмерной печати в области строительства // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал, 2017, № 2 (20). URL: cyberleninka.ru/article/v/razvitie-tehnologii-trehmernoy-pechati-v-oblasti-stroitelstva

8. Шейн В.В. Обзор существующих подходов к архитектурной реконструкции промышленных зданий // Инженерный вестник Дона, 2017, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4474

9. Tourbah, A., Malaeb, Z., Hachem, H., Maalouf, T., Zarwi, N. E., Hamzeh, F. 3D concrete printing: Machine and design. // International Journal of Civil Engineering and Technology, 2015, vol. 6, pp.14–22.

10. Yuan J., Farnham C., Emura K. Development and application of a simple BEMS to measure energy consumption of buildings. // Energy and Buildings, 2015. pp. 1-11.

References

1. Gerasimova V.O., Ljubin N.S., Petrova V.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), №1, 2019. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5737

2. Ievleva O.T., Karpjuk T.A., Koshevoj A.I. Natsional'nyy Issledovatel'skiy YAdernyy Universitet "MIFI". Nauchnaya vizualizatsiya. GraphiCon'2014 Kvartal 4, tom 6, nomer 4, Rostov-on-Don, 2014, pp. 11-21

3. Ivshin K. S., Basharova A. F. Arhitekton: izvestija vuzov № 39 (Rus). Sentyabr' 2012 ISSN 1990-4126. pp. 101-113. URL: [old.archvuz.ru/PDF/%23%2039%20PDF/ArchPHE%2339\(Art11\)pp101-113IvshinBasharova.pdf](http://old.archvuz.ru/PDF/%23%2039%20PDF/ArchPHE%2339(Art11)pp101-113IvshinBasharova.pdf)

4. Luneva D.A., Kozhevnikova E.O., Kaloshina S.V. Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i



arhitektura (Rus). Т. 8, № 1. Perm, 2017. pp. 90–101. URL: doi.org/10.15593/2224-9826/2017.1.08

5. Nikiforenko, A. N. Novyye gorizonty - 2016: sbornik materialov III Belorussko-Kitayskogo molodezhnogo innovatsionnogo foruma, 29–30 noyabrya 2016 goda. Minsk: BNTU, 2016, pp. 22-23.

6. Sobolevskiy, N. R., Kostyukovich O. V. Forum proyektov programm Soyuznogo gosudarstva. VI Forum vuzov inzhenerno-tekhnologicheskogo profilya: sektsiya "Molodezhnoye innovatsionnoye predprinimatel'stvo": sbornik tezisov dokladov molodykh uchenykh, 24–28 oktyabrya 2017 g. Minsk: BNTU, 2018, pp. 18-22.

7. Serkov A.I. Regional'noye razvitiye: elektronnyy nauchno-prakticheskiy zhurnal (Rus), 2017, № 2 (20). URL: cyberleninka.ru/article/v/razvitie-tehnologii-trehmernoy-pechati-v-oblasti-stroitelstva

8. Shejn V.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4474

9. Tourbah, A., Malaeb, Z., Hachem, H., Maalouf, T., Zarwi, N. E., Hamzeh, F. International Journal of Civil Engineering and Technology, 2015, vol. 6, pp.14–22.

10. Yuan J., Farnham C., Emura K. Energy and Buildings, 2015. pp. 1-11.

