

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Город Брест активно развивается, и численность его населения растет. В связи с этим транспортная система города претерпевает изменения, однако этих изменений недостаточно для достижения необходимого уровня комфорта поездки. При развитии города в восточном направлении становится вопрос о введении новых скоростных видов общественного транспорта и возможности осуществления транспортной связи между Брестом и его городом-спутником Жабинкой. Рассматриваются возможные варианты использования существующих железнодорожных путей для прокладки по ним маршрутов ГПТ, а также введение скоростного трамвая. Немаловажным критерием является и экологичность подвижного состава. К тысячелетию города планируется закупить новые электробусы и использовать их на новом маршруте, который свяжет автовокзал и Центральную городскую больницу. Перед городом становится и ряд других задач, таких как транспортное обслуживание новых жилых районов и создание новых маршрутов. Однако первостепенная задача – оптимизация уже существующей сети маршрутов ГПТ, что позволит значительно улучшить показатели транспортного обслуживания.

Список цитированных источников

1. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-3.03.227-2010. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011 – 46 с.
2. Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки : ТКП 45-3.01.116-2008. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009 – 64 с.
3. Ставничий, Ю. А. Транспортные системы городов. – М.: Стройиздат, 1990 – 224 с.
4. Бакутис, В. Э. Городские улицы, дороги и транспорт / В. Э. Бакутис, Е. В. Овечников – М.: Высшая школа, 1971 – 258 с.
5. Горбанев, Р. В. Городской транспорт. – М.: Стройиздат, 1990 – 215 с.

УДК 378.147

Китаевский Е. В., Назарук К. Р.

Научный руководитель: к. т. н. Акулова О. А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ БИОНИЧЕСКИХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ В AUTOCAD

Современные интеллектуальные технологии и подходы, инновационные материалы, широкий спектр возможностей трехмерного моделирования и расчета проектов, 3D-печать конструкций позволяют архитекторам и строителям воплощать в жизнь самые смелые идеи и концепции, подсказанные природой, что представляет собой новое направление в архитектуре – бионику.

Бионическая архитектура предполагает создание уникальных зданий и сооружений, являющихся естественным продолжением природы, не вступающих с ней в конфликт. Кроме того, она не просто заимствует гармоничные природные формы, но и функциональные особенности живых организмов – способность к саморегуляции системы, фотосинтез, принцип устойчивого развития и существования [1].

Новые технологии позволяют создавать не просто уникальные по своей форме и конструкции здания и сооружения, но и настоящие экосистемы, функционирующие подобно системам организмов, строящимся по принципу эконо-

мии материала, энергии с одновременным обеспечением надежности. Это определяет основные условия устойчивого существования и развития систем.

И если ранее проектирование и расчет конструкций сложных криволинейных архитектурных форм ограничивались уровнем развития информационных технологий, то сейчас, применяя САПР различного уровня, можно не только создавать реалистичные 3D-модели, но и осуществлять их расчет, проектировать весь срок эксплуатации, начиная с возведения, заканчивая реконструкцией и демонтажем, что отвечает требованиям информационного моделирования зданий и сооружений (BIM-технологиям) [2].

В качестве бионических геометрических форм применяют всевозможные сложные криволинейные поверхности, описанные, например, в [3]. Рассмотрим в качестве примера некоторые из них.

Применение яйцевидной конструктивной формы в архитектуре.

Базовой моделью яйца является пространственное тело овоидной формы, которое образуется путем вращения плоского овоида вокруг оси симметрии. Овоид, в свою очередь, замкнутая гладкая выпуклая кривая, имеющая только одну ось симметрии.

В ходе научных исследований было выявлено, что модель яйцевидной асимметричной формы имеет лучшие аэродинамические свойства, чем симметричная эллиптическая. Поэтому применение яйцевидных конструкций покрытий оправдано не только лишь с эстетической точки зрения, но и с конструктивной и функциональной.

Рассмотрим пример архитектурного сооружения на основе поверхности овоидной формы – «Кибертектурное Яйцо», г. Мумбаи, Индия (рис. 2, а). Создано известным архитектурным бюро компании James Law Cybertecture International в 2010 году. Уникально тем, что форма сооружения позволила создать конструкции здания без несущих колонн. Здание построено из стали и стекла, большую часть которого занимают стеклянные поверхности. Оно является важным достижением современной архитектуры, так как представляет собой полноценную интеллектуальную экосистему, которая полностью обеспечивает себя теплом и электричеством (солнечные панели и ветряные турбины), что позволяет уменьшить вред окружающей среде. На верхнем этаже вместо крыши находится открытый сад, который предназначен не только для поглощения избыточного солнечного света, но и для регулирования температуры, охлаждения постройки, собирая лишнее тепло со стен [4].

а)



б)



а – «Кибертектурное Яйцо», г. Мумбаи, Индия;

б – Океанографический центр, г. Валенсия, Испания

Рисунок 1 – Примеры бионических архитектурных форм

Применение покрытий на основе параболоидов в архитектуре

Интересно применение поверхности гиперболического параболоида (гипара) в различных покрытиях, идея которых почерпнута из гармоничных природных форм. Гиперболический параболоид – дважды линейчатая поверхность отрицательной гауссовой кривизны – представляет собой геометрическое место точек, принадлежащих прямым, пересекающим три фиксированные скрещивающиеся прямые, параллельные одной плоскости.

Конструкции на основе этой поверхности обладают не только красотой, но и меньшей материалоемкостью, большей прочностью, сопротивляемостью снеговым и ветровым нагрузкам, технологичностью изготовления и возведения.

Рассмотрим пример архитектурного сооружения на основе гипара – Океанографический центр, г. Валенсия, Испания (открыт в 2003 году). На рисунке 2, б представлен ресторан, расположенный в центре комплекса. Его уникальная крыша, спроектированная архитектором Феликсом Канделой, представляет собой составную зонтообразную оболочку, состоящую из 8 элементов на основе гиперболического параболоида, похожую на фигуру водяной лилии. Как показывает статистический анализ оболочек такого типа, усилия каждого из элементов передаются по образующим к линиям сопряжения элементов, оставляя контуры оболочки ненапряженными. Это позволяет оставлять края оболочки свободными от контурных балок [5].

Бионические архитектурные сооружения, как правило, имеют сложную геометрическую конфигурацию, что затрудняет их проектирование и конструктивный расчет. И если ранее создание сложных бионических конструкций предполагало выполнение огромного количества чертежей и расчетов, то сейчас все это может быть заменено информационной 3D-моделью, выполняемой в САПР различного уровня.

Рассмотрим принципы моделирования сложных бионических геометрических форм на примере САПР AutoCAD.

В AutoCAD поверхность представляет собой трехмерный объект-оболочку с неограниченно тонкими стенками. Существуют два типа поверхностей: процедурные и NURBS-поверхности.

Процедурные поверхности могут быть ассоциативными, поддерживающими взаимосвязи с другими объектами, и поэтому с ними можно выполнять операции как с группой. NURBS-поверхности не сохраняют ассоциативные связи. Вместо этого у них есть управляющие вершины, позволяющие создавать формы более удобным способом.

Процедурные поверхности позволяют воспользоваться преимуществами ассоциативного моделирования, а NURBS-поверхности – преимуществами образования рельефа с помощью управляющих вершин.

В AutoCAD предусмотрены следующие способы создания процедурных и NURBS-поверхностей.

- создание поверхностей на основе 2D-профилей с помощью команд ВЫДАВИТЬ, ПОСЕЧЕНИЯМ, ПЛОСКПОВ, ВРАЩАТЬ, ПОВЕРХСЕТЬ и СДВИГ;
- создание поверхностей на основе других поверхностей с помощью команд ПОВЕРХПЕРЕХОД, ПОВЕРХЗАЛАТАТЬ, ПОВЕРХУДЛИНИТЬ, ПОВЕРХСОПРЯЖЕНИЕ и ПОВЕРХСМЕЩЕНИЕ);
- преобразование объектов в процедурные поверхности (команда ПРЕОБРВПВРХ);
- преобразование процедурных поверхностей в NURBS-поверхности (команда ПРЕОБРВНURBS).

Рассмотрим некоторые примеры моделирования бионических геометрических форм.

Пример создания пространственного тела овоидной (яйцевидной) формы в AutoCAD. Как отмечалось, моделью яйца является тело овоидной формы, образованное вращением плоского 2D-профиля, имеющего только одну ось симметрии, вокруг этой оси симметрии. Геометрические свойства моделируемого объекта определяют следующий порядок алгоритма решения поставленной задачи:

1. Создание в плоскости XY 2D-профиля овоидной формы посредством соответствующих команд на вкладках Рисование и Редактирование. При этом необходимо отметить, что разомкнутые профили создают поверхности, а замкнутые профили создают 3D-тела.

2. Создание искомой 3D-модели тела овоидной формы с помощью команды ВРАЩАТЬ. Отметим, что невозможно применить команду ВРАЩАТЬ к объектам, содержащимся в блоках, или объектам с самопересечением.

3. Ориентирование полученной модели в пространстве с помощью команды 3D-ПОВОРОТ (при необходимости).

4. Получение реалистичного ирг-изображения 3D-модели (см. рис. 2). При этом были применены следующие параметры визуализации:

- материал – Золото – металл (параметр блеска материала установлен в значении 40 % для удаления чрезмерных бликов на объекте);
- перспективная проекция;
- освещение – свет солнца (среда – отключена; параметр экспозиции – 8; баланс белого – 6500);
- режим включения расчетов небесного освещения при визуализации;
- режим отображения полных теней.

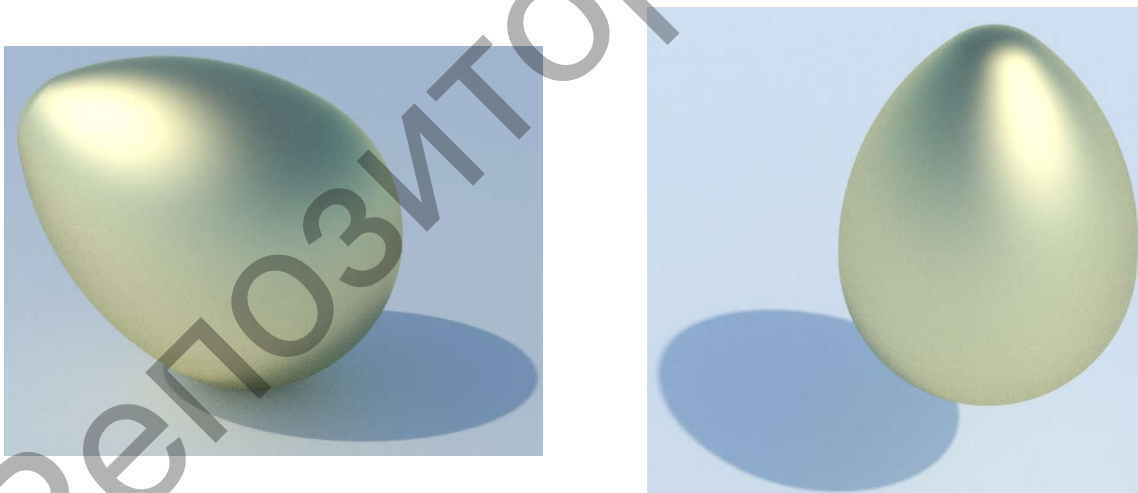


Рисунок 2 – Визуализированная 3D-модель пространственного тела овоидной формы

Пример создания составной поверхности на основе гиперболического параболоида в AutoCAD. Моделируемая поверхность представляет собой зонтообразную оболочку, состоящую из пяти элементов на основе гиперболического параболоида.

Алгоритм решения задачи будет иметь следующий порядок:

1. Создание с помощью команды СЕТЕВАЯ ПОВЕРХНОСТЬ гиперболического параболоида с заданными параметрами направляющих кромок.

2. Преобразование сетевой поверхности в процедурную с помощью команды ПРЕОБРВПВРХ с целью использования ассоциативных свойств процедурных поверхностей при редактировании.

3. Моделирование конструктивного элемента составной поверхности (лепестка) с помощью команды СЕЧЕНИЕ. Так как поверхность состоит из пяти элементов, то угол при основании лепестка составит 72° . Внешняя часть лепестка обрезается проецирующей плоскостью под углом 45° .

4. Создание составной поверхности с помощью команды КРУГОВОЙ МАССИВ.

5. Ориентирование полученной модели в пространстве с помощью команды 3D-ПОВОРОТ (при необходимости).

6. Получение реалистичного ирг-изображения 3D-модели (см. рис. 3). Параметры визуализации аналогичны предыдущему примеру.

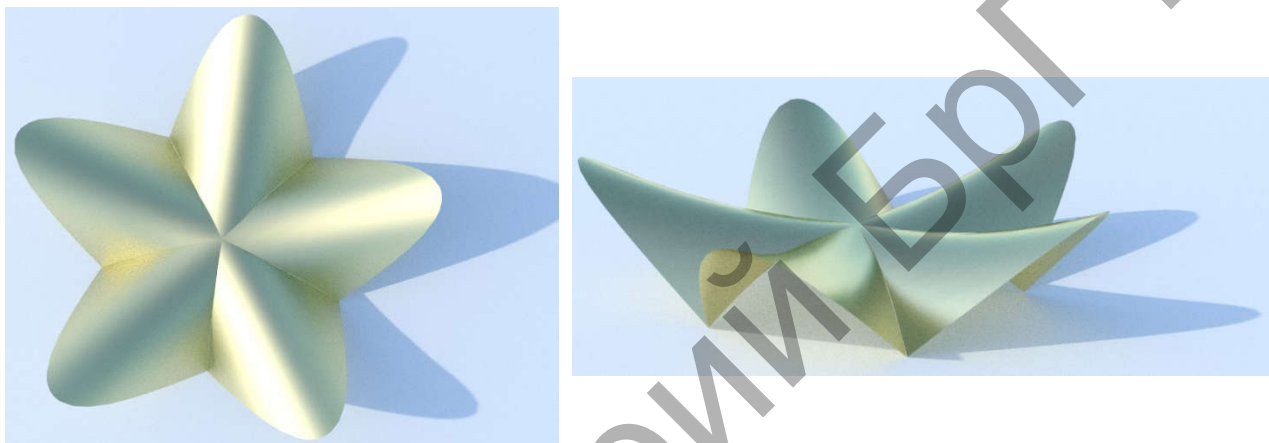


Рисунок 3 – Визуализированная 3D-модель составной поверхности на основе гиперболического параболоида

Таким образом, современные САПР позволяют моделировать самые разнообразные и сложные геометрические формы, подсказанные самой природой, что является современной и актуальной задачей, которую полезно применять в учебном процессе с целью развития творческих способностей будущих инженеров и архитекторов.

Список цитированных источников

1. Лебедев, Ю. С. Архитектурная бионика / Ю. С. Лебедев, В. И. Рабинович, Е. Д. Положай [и др.]; под ред. Ю. С. Лебедева. – М.: Стройиздат, 1990. – 269 с.

2. Акулова, О.А. Роль параметрического моделирования при изучении студентами строительных специальностей BIM-технологий в проектировании / О. А. Акулова, В. П. Уласевич, Н. Н. Шалобыта // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) : сборник статей Международной научно-технической конференции, Брест, 30–31 марта 2017 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. М. Семенюк [и др.]. – Брест, 2017. – С 3–7.

3. Кривошапко, С. Н. Аналитические поверхности: материалы по геометрии 500 поверхностей и информация к расчету на прочность тонких оболочек / С. Н. Кривошапко, В. Н. Иванов, С. М. Халаби. – М.: Наука, 2006. – 544 с.

4. Современное здание «ЯЙЦО» [Электронный ресурс] // Construction Today. – Режим доступа: <http://krutoy-dom.ru/sovremennoe-zdanie-yaico/>. – Дата доступа: 15.03.2019.

5. Милейковский, И. Е. Гипары. Расчет и проектирование пологих оболочек покрытий в форме гиперболических параболоидов / И. Е. Милейковский, А. К. Купар. – М.: Стройиздат, 1978. – 223 с.