466 Mитин C.B. и др.

# Промышленные приложения на базе САПР К3\*

C.B. Mumuн<sup>1</sup>, E.C. Ермаков<sup>1</sup>, E.B. Попов<sup>2</sup>, C.И. Ротков<sup>2</sup> mitin@k3info.ru, evgeny@k3info.ru, popov\_eugene@list.ru, rotkov@nngasu.ru Россия, <sup>1</sup>НИИ Механики при ННГУ им. Н.И. Лобачевского;

Россия,  $^2$ Нижегородский государственный архитектурностроительный университет Кафедра инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования

В статье описаны ряд промышленных приложений, созданных на базе САПР КЗ. Приложения позволяют осуществлять создание электронных моделей изделий разнообразного назначения, включая 3D модели в сопровождении полного пакета конструкторской документации, а также технологическую документация, например, карты раскроя листовых деталей и элементов тканевых конструкций, программы для станков с ЧПУ и многое другое. Существует возможность применения в составе САПР КЗ библиотек сторонних разработчиков.

**Ключевые слова:** *К3, деревянное домостроение, тентовые тканевые конструкции, судостроительные конструкции* 

### 1. Введение

САПР КЗ — это система трехмерного геометрического моделирования, созданная в результате научных исследований сотрудников Нижегородского государственного университета и Нижегородского архитектурностроительного университета в области инженерной графики и САПР (см. работы [1-5]) и практического программистского труда сотрудников Центра информационных программных разработок «ГеоС» [6]. В производственной практике предприятий система КЗ используется в виде индустриальных приложений. Индустриальные приложения под торговой маркой «КЗ» успешно эксплуатируются более чем 1 500 предприятиями России, а также стран СНГ, Европы и других стран мира (Маврикий, Южная Корея, Канада и др.), в различных отраслях промышленности.

Основные этапы формирования системы

- 1979 г. разработка сотрудниками Вычислительного центра при ГГУ им. Лобачевского и ГИСИ им. В.П.Чкалова пакета прикладных программ «Спич» для БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ, использовавшийся для предприятий ядерной и космической индустрии.
- 1983 г. начало использования «Спич» для проектирования коттеджей.
- 1985 г. появление версия для СМ ЭВМ, которая получила название «Китеж».
- 1991—1993 гг. более 50 предприятий страны стали активно использовать «Китеж».
- 1994 г. разработка системы твердотельного пространственного моделирования «КЗ» и модули на её основе: «КЗ-Мебель» (1996), «КЗ-Ship» (1996), «КЗ-LOM» (1997), КЗ-LSS и КЗ-SLS, «КЗ-Коттедж» (2002), «КЗ-Тент» (2010).

Таким образом, многолетняя история развития САПР K3 является удачным примером примене-

\_\_\_\_\_

ния научных разработок к конкретному производству, в нашем случае это мебельное производство, деревянное домостроение, судостроение, быстрое прототипирование, проектирование и производство тентовых тканевых конструкций и др.

# 2. К3-Коттедж

КЗ-Коттедж [7] — уникальное компьютерное приложение для деревянного домостроения, созданное в России, на русском языке. Система разработана специально для проектирования деревянных домов (см. Рис 1) из оцилиндрованного бревна и профилированного бруса, в том числе из двойного бруса. Главное назначение КЗ-Коттедж — полная автоматизация процесса производства и обеспечение документацией всех участков работы домостроительного предприятия. Конструктору необходимо только создать модель будущего деревянного дома, а все чертежи, планы по венцам, разбревновки, развертки стен, спецификации, управляющие программы для ЧПУ программный комплекс «КЗ-Коттедж» подготовит в автоматическом режиме.



Рис. 1: Изделие деревянного домостроения

Процесс проектирования здания в «К3-Коттедж» состоит из нескольких этапов:

Работа опубликована по гранту РФФИ №16-07-20482

- 1. Задание технологических параметров производства.
- 2. Построение стен.
- 3. Установка проемов, задание консолей.
- 4. Построение балок.
- 5. Расстановка столбов.
- 6. Автоматическая простановка венечных пазов.
- 7. Расстановка нагелей, шпилек (автоматический и ручной режимы).
- 8. Интеллектуальное деление длинных бревен (автоматический и ручной режимы).
- 9. Работа с досками (полы, потолки, элементы стропильной конструкции и т.д.).
- 10. Менеджер отчетов: проверки на допустимость длины деталей, простановки пазов, соответствие компенсаторов и усадки и т.д. Соответствие отчета и модели.
- 11. Автоматическое получение необходимой документации для изготовления, комплектации и строительства здания.
- 12. Выдача управляющих программ для оборудования с ЧПУ (при стыковке со станками).

В автоматическом режиме на основе готовой трехмерной модели изделия конструктор может сформировать и получить следующие документы:

- Ведомость материалов
- Спецификация стеновых элементов таблицы чертежей бревен
- Таблица досок (спецификация с чертежами)
- Таблица торцов и пазов
- Таблица раскроя бревен для минимизации отходов
- Планы этажей
- План кровли
- Развертки стен
- Планы по венцам
- Планы балок
- План стропил
- Разрезы, Фасады, Виды
- Альбом

В настоящее время КЗ-Коттедж является единственной отечественная разработка в области деревянного домостроения. Конкуренцию ей могут составить три немецкие программы. Функционально они сравнимы, но стоимость их значительно выше. В настоящее время система получила большое распространение на производстве. 826 российских предприятий и компаний стран России и СНГ, занимающихся строительством деревянных домов, используют ее в своей практике. И еще больше пользуются нелицензионной версией, в связи с чем она получила статус «народная».

#### 3. К3-Тент

КЗ-Тент [8] — приложение, представляющее собой комплекс компьютерных программ для проектирования тентовых конструкций. КЗ-Тент позволяет

ускорить выпуск проектной документации и повысить качество подготовки производственных заданий по изготовлению тентовых конструкций произвольной формы. Комплекс К3-Тент предоставляет конструктору предельно наглядный и эффективный инструментарий для работы с поверхностями любой сложности. При этом К3-Тент обеспечивает существенное сокращение сроков по нахождению формы оболочки, визуализации конечной конструкции, нанесение линий кроя и развертки кусков на плоскость.



Рис. 2: Пример тентовой тканевой конструкции (с разрешения ООО Кубаньтент)

#### К3Тент обеспечивает:

- снижение затрат на разработку проектноконструкторской и технологической документации;
- значительное ускорение разработки новых проектов и выпуска конструкторско-технологической документации;
- повышение эффективности труда за счет коллективной работы в единой информационной среде;
- рост квалификации персонала предприятия и его готовности к дальнейшим инновациям.

К3-Тент содержит в своей основе геометрический, твердотельный 3D-редактор К3 и практическую реализацию алгоритмов, разработанных в докторской диссертации Попова Е.В., профессора кафедры начертательной геометрии, машинной графики и САПР Нижегородского архитектурностроительного университета [3].

Комплекс К3-Тент позволяет разработать архитектурно-строительную и производственную документации, необходимой при изготовлении тентовых конструкций произвольной сложности.

Технология проектирования тентовых конструкций в комплексе К3-Тент состоит из трех этапов:

- Нахождение формы оболочки
- Разделение поверхности на куски (лоскуты)

Развертка кусков на плоскость (получение выкройки)

# 3.1. Нахождение формы

Для создания тентовой конструкции в систему введен специальный объект Каркас. Каркас представляет собой набор связанных друг с другом пространственных линий. В качестве линий могут выступать отрезки прямых линий и дуги окружностей. Каркас представляет собой заготовку для будущей тентовой конструкции. Узлы каркаса должны отвечать точкам крепления полотнища тента. Замкнутые топологические треугольники или четырехугольники каркаса автоматически воспринимаются системой в качестве фрагментов полотнища. По этой причине необходимо следить, чтобы топологических треугольников или четырехугольников не было на тех участках конструкции, где полотнище отсутствует. В задачу конструктора входит создание объекта каркас. Поверхность полотнища отыскивается системой автоматически с помощью метода натянутых сеток (МНС). Реализованный алгоритм автоматически обеспечивает отсутствие на поверхности полотнища «пузырей», складок и пр.

# 3.2. Разделение поверхности на куски

Формирование раскроя спроектированного полотнища тентовой конструкции является одним из основных и ответственных этапов проектирования. Под раскроем мы будем понимать разделение полотнища тента на отдельные куски с последующим формированием плоских выкроек для каждого из полученных кусков полотнища. При разделении полотнища на куски необходимо помнить, что каждый из кусков представляет собой часть поверхности двоякой кривизны, который в общем случае точно на плоскость не разворачивается. Такую процедуру развертки куски на плоскость будем называть плоским отображением, которое может быть осуществлено только приближенно. Точность плоского отображения тем выше, чем меньше гауссова кривизна участка поверхности. Как правило, плоское отображение позволяет получить выкройку с линейными размерами на 1-2% меньше соответственных линий на криволинейной поверхности. Поэтому при раскрое материала необходимо предусматривать соответствующий припуск. На созданной 3D-модели тента конструктор наносит линии маркировки и линии разреза (будущие швы). В данной версии системы реализовано несколько различных алгоритмов построения линий на поверхности полотнища, включая алгоритм построения линии, кратчайшей между двумя произвольными точками

### 3.3. Получение выкроек

К3-Тент предоставляет конструктору возможность получения выкроек кусков тканевого полотнища в автоматическом режиме. Для этого достаточно указать требуемый кусок, либо выбрать все куски полотнища. Выкройка может быть выгружена в формате dxf для дальнейшего использования.

### 4 К3-Мебель

Отраслевой комплекс программ K3-Мебель [9] предназначен для автоматизации приема заказов на индивидуальную, типовую и стандартную корпусную мебель (в том числе, кухонную, офисную, детскую, торговое оборудование и т.д.). С помощью K3-Мебель можно проектировать мебель, подготавливать спецификации и чертежи для ее производства, а также делать все необходимые расчеты (расход материала, количество комплектующих, себестоимость изделия и т.д.).



Рис. 3: Пример проекта кухонного гарнитура

Существует несколько вариантов поставок K3-Мебель: ПКМ, САЛОН и АМБИ.

### 4.1. К3-Мебель ПКМ

КЗ-Мебель ПКМ - это профессиональный инструмент для проектирования, производства, дизайна и продажи корпусной мебели, который подходит как крупным предприятиям, так и небольшим компаниям.

Данная комплектация программы позволяет сделать точный расчет проекта, избежать типовых ошибок, ускорить разработку и выпуск проектов, обеспечить высокое качество оформления технической документации. В программе возможно спроектировать кухни, шкафы-купе, гардеробные и другую корпусную мебель любой степени сложности. КЗ-Мебель ПКМ осуществляет передачу данных на станки с ЧПУ и совместима со всеми бухгалтерскими и складскими программами.

# 4.2. К3-Мебель АМБИ

Данная комплектация системы ориентирована на небольшие предприятия. Компании, которые уже вступили в стадию расширения собственного бизнеса и столкнулись с необходимостью автоматизировать процесс производства на предприятии, оптимизировать всю работу и, разумеется, достичь увеличения прибыли. АМБИ — это базовая комплектация программы «КЗ-Мебель». В данном комплекте собраны все функции, необходимые для успешного развития малых и средних предприятий.

Преимущества по сравнению с классическими САПР:

- Интуитивно-понятный интерфейс;
- Программа не нуждается в дополнительных настройках и легка в освоении;
- Формулы расчета стоимости уже настроены под малые и средние предприятия;
- Возможность вести учет заказов.

### 4.2. К3-Мебель САЛОН

Данная комплектация программы «КЗ-Мебель» разработана для организации эффективной работы с заказчиком в салонах. В среде этой версии непосредственно при клиенте, можно спроектировать кухню, шкафкупе или другую корпусную мебель. «КЗ-Мебель САЛОН» позволяет не только вести учет заказов, представить покупателю фотореалистическое изображение его будущего изделия, но и передавать на производство чертежи и спецификации в точном геометрическом виде. «КЗ-Мебель САЛОН» - незаменимый инструмент, способный ускорить процесс обработки заявок и облегчить работу вашего персонала.

Преимущества по сравнению с классическими САПР:

- Удобный алгоритм принятия заказов;
- Передача полученного заказа напрямую в производство;
- Возможность создавать и представлять клиенту реалистичное изображение заказа вместо условных эскизов и чертежей;
- Программа адаптирована для работы, как дизайнера, так и конструктора. Это минимизирует ошибки при передаче заказа от одного специалиста к другому;
- Возможность создавать и работать с нестандартными помещениями клиента.

# 4 K3-Ship

K3-Ship [10]— комплекс компьютерных программ для формирования 3D-модели корпусной конструкции судна и других его элементов. Комплекс K3-Ship используется для оснащения рабочих мест проектировщиков и конструкторов, занимающихся

проектированием внутренних конструкций и компоновкой судна.

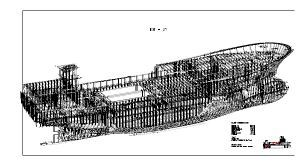


Рис. 4: Изображение твердотельной модели рыболовецкого траулера, выполненная в системе Ship-K3

Теоретические поверхности передаются в K3-Ship из других систем геометрического моделирования в формате DXF. В основу подхода к проектированию судового корпуса в среде комплекса K3-Ship заложена современная концепция, заключающаяся в отходе от традиционных методов, существовавших многие десятилетия. Эта концепция является базовой практически для всех систем автоматизированного проектирования, существующих в мире, и заключается в создании 3D-моделей проектируемых изделий, часто называемых "виртуальным изделием". В отличие от традиционных "бумажных "технологий, использование которых предполагает выпуск чертежно-конструкторской документации в полном объеме на всех этапах проектирования, данный подход обладает целым рядом неоспоримых преимуществ.

В настоящий момент комплекс K3-Ship распространяется под торговой маркой SeaSolid [11].

### Заключение

Создание разнообразных приложений на базе ядра КЗ возможно благодаря тому, что в состав САПР КЗ включен высокоэффективный инструментарий разработчика. Этот инструментарий предоставляет широкий спектр возможностей создания на базе существующего геометрического ядра приложений практически для любой сферы деятельности, где требуется работа с геометрическими образами проектируемых и изготавливаемых изделий. Этот инструментарий включает в себя высокоэффективный встроенный макроязык, с помощью которого представляется возможным автоматизировать выполнение большого количества рутинный операций по моделированию изделий. Кроме того, имеется возможность внедрять в систему библиотеки скриптов, созданных с применением средств программирования JavaScript, Visual Basic и других. Новейшие версии К3 снабжены возможностью присоединения во время выполнения приложений ди470 Mитин C.B. и др.

намических библиотек (DLL), созданных другими разработчиками. Следует отметить, что САПР К3 продолжает интенсивно развиваться и совершенствоваться, внедряясь во все новые и новые отрасли индустрии.

### Литература

- [1] Полозов В.С. моделирование и синтез операторов геометрического расчета и машинной графики в системах автоматизированного проектирования и автоматизации технологической подготовки производства. Автореферат дисс. докт. техн. наук, М., МАИ, 1983
- [2] Ротков.С.И. Разработка средств геометрического моделирования и компьютерной графики пространственных объектов для CALS-технологий. Дисс. Докт. Техн. Наук, Нижний Новгород, 05.01.01, НН-ГАСУ, 1999 год, 300с.
- [3] Попов, Е. В. Метод натянутых сеток в задачах геометрического моделирования [Текст]: дис. . . . д-ра техн. наук: 05.01.01 / Е. В. Попов; Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т. Н. Новгород, 2001. 248с.

- [4] Митин, С.В. Исследование и разработка методов и средств визуализации трехмерных объектов Дисс. канд. Техн. наук, Нижний Новгород, 05.01.01, 1994 г., 114с.
- [5] Ермаков Е.С. Принципы многоуровневой параметризации при формировании объектов Дисс. канд. Техн. наук, Ижевск, ИжГТУ, 05.13.12, 2008, 150с.
- [6] OOO Центр «ГеОС» http://www.k3info.ru/
- [7] К3-Коттедж, Программа для деревянного домостроения. http://k3-cottage.ru
- [8] К3-Тент, Программа для проектирования тентовых тканевых конструкций. http://www.tent.k3info.ru
- [9] КЗ-Мебель, Программа для проектирования мебели. http://k3-mebel.ru
- [10] КЗ-Ship, Комплекс компьютерных программ для формирования 3D-модели корпусной конструкции судна и других его элементов. http://k3info.ru/k3-ship
- [11] Судостроительная компания "СиТех" www.seatech.ru