

С.В.КРАСНИКОВ, канд.техн.наук; **С.С.РУДЕНКО**; НТУ «ХПИ»

ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Розглядаються питання, що пов'язані з розробкою сучасного програмного забезпечення САПР для геометричного моделювання машинобудівних конструкцій. Наведено перелік загальних стандартів, що повинні забезпечуватися сучасними САПР. Зроблено прогноз щодо подальшого розвитку машинобудівних САПР.

The problems, related with programming of CAD systems for geometrical modeling of mechanical construction, are considered. The cast of common standards related with modern CAD systems a described. Variant of necessary parameters in future design of CAD systems for mechanic a done.

Введение. Современное геометрическое моделирование акцентируется на создании методов построения трехмерных твердотельных моделей, из которых наиболее эффективные решения приняты в качестве официально утвержденного или негласного стандарта. Разработка методов твердотельного геометрического моделирования неразрывно связана с историей развития систем автоматизированного проектирования (САПР) в машиностроении, которая в свою очередь тесно связана с возникновением и развитием ЭВМ. Все современные САПР базируются на использовании определенного набора стандартов.

Целью данной статьи является описание исследования вероятного развития САПР для геометрического моделирования машиностроительных конструкций и выделения приоритетных направлений в этом развитии.

Общие положения. С появлением электронно-вычислительной техники в 50-х – 70-х годах прошлого века была начата разработка методов автоматизации проектирования машиностроительных конструкций. Этот временной промежуток принято называть первым периодом развития САПР в машиностроении. Наиболее известными работами этого периода является труды Весприлла К. (геометрия неравномерных рациональных В-сплайнов - NURBS) и Безье П. (моделирование кривых и поверхностей произвольной формы) [1]. Полученные в этот период теоретические результаты используются во всех современных САПР.

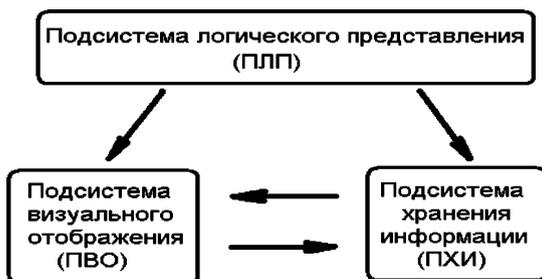
Период развития САПР в машиностроении с 80-х годов по настоящее время связан со стремительным ускорением совершенствования ЭВМ. Основными достижениями этого периода является разработка стандартов, на которых должны базироваться САПР. Здесь можно выделить два направления:

- стандарты, которые были разработаны и затем применены в разработке программного обеспечения (ПО);
- удачные нововведения в САПР, ставшие затем общепринятым стандартом.

Рассмотрение этих стандартов наглядно в рамках определенной системы. Поэтому далее представим такую систему.

Систематизация основных стандартов ПО САПР. Сердцем любой САПР является ядро - набор математических функций, который предназначен для математического представления геометрической модели и ее управления. В ядре можно выделить два основных элемента: набор базовых элементов и система интеграции основных элементов. В реализованном ПО САПР важным и неотъемлемым спутником ядра является визуализация. Поэтому для систематизации стандартов ПО предлагается представить базовую структуру САПР (систему САД) в виде связанной работы трех подсистем (см. рисунок):

- логического представления;
- визуального отображения;
- хранения информации.



Обобщенная логическая структура программного обеспечения САПР

Предложенная структура САПР (см. рисунок) является одной из разновидностей структурных схем, которые используются при разработке современного ПО [2]. Перейдем к рассмотрению подсистем.

Подсистема логического представления (ПЛП) включает в себя описание всех доступных элементов модели отдельной САПР. Эти элементы разделяются на две группы: основные и вспомогательные средства построения. К основным средствам относятся общепринятые геометрические примитивы (точка, кривая, поверхность, объем и др.) [3] и специализированные для конкретной САПР (например эскизы и твердотельные элементы). К вспомогательным средствам построения относятся координатные плоскости, оси, размеры, взаимосвязи основных элементов и др. Составной частью описания элементов модели является визуальное отображение каждого элемента.

Подсистема визуального отображения (ПВО) обеспечивает работоспособность интерфейса программы. Обязательным элементом интерфейса САПР является рабочая область для построения модели. Основные задачи ПВО: связанное реалистичное отображение элементов модели, отображение и работоспособность инструментов для работы с моделью (меню, панели ин-

струментов, командная строка и др.). Вспомогательной задачей ПВО является хранение информации о текущих настройках интерфейса.

Подсистема хранения информации (ПХИ) служит для работы базы данных документа (БДД) конкретной САПР и обмена данными с другими САПР. Основной частью БДД является информация о модели объекта, которая имеет два типа представления: в ОЗУ и ПЗУ.

Перейдем к рассмотрению основных стандартов по каждой подсистеме.

Стандарты ПЛП. Перечень общеизвестных геометрических примитивов и вспомогательных средств построения для ПЛП сформирован в первый период развития САПР [1]. В последующие года элементы построения были дополнены эффективными решениями специализированного ПО. Перечислим наиболее известные решения:

- 1) выделение раздельных пространств для модели и печатного листа (AutoCAD);
- 2) разделение построения модели на эскиз, трехмерные построения (деталь, сборка) и чертеж (CATIA, Pro/Engineer, SolidWorks);
- 3) доступные для редактирования взаимосвязи основных элементов построения (CATIA, Pro/Engineer, SolidWorks).

Выделение пространства модели и листа не получило широкого распространения. Разделение построения модели на эскиз, трехмерные построения и чертеж применяется во многих современных САПР и возможно станет общепринятым стандартом. Причиной этой ситуации послужила многовековая система обучения и работы инженеров-конструкторов:

- поколения инженеров-конструкторов воспитывались в понимании тождественности понятий модели и чертежа, что усложнило восприятие раздельных пространств для модели и печатного листа (чертежа);
- для любого инженера-конструктора привычными и обыденными являются понятия эскиз, трехмерные построения, деталь, сборка, чертеж.

Стандарты ПВО. Создание стандартов для ПВО непосредственно связано с развитием ЭВМ. Разработано большое количество стандартов, многие из которых уже устарели и были заменены. Началом стандартизации ПВО можно считать создание первой графической станции, представленной в 1963 году И.Сазерлендом [1].

Графический интерфейс большинства современного ПО основан на одном из двух стандартов базисной графической системы – OpenGL или DirectX. Другие известные стандарты (например Glide API, QuickTime) имеют довольно ограниченное применение [4, 5].

Стандарт DirectX предложен фирмой Microsoft в 1995 году в качестве альтернативной графической платформы для создания компьютерных игр. Пакет DirectX не входит в состав стандартной поставки операционных систем (ОС) Microsoft Windows. Преимуществом DirectX является удобная система

дополнения графических возможностей на основе СОМ технологии, что является причиной высокой популярности стандарта у производителей видеокарт. Недостатками DirectX являются привычные элементы ПО Microsoft – закрытость программного кода и неудобство инструментальных средств.

Машиностроительные САПР в основном используют OpenGL (SGI Graphical Language), который получил большее распространение по сравнению с DirectX. Этот стандарт был разработан компанией Silicon Graphics и предложен для использования в 1993 году [6]. OpenGL используется в качестве стандартной графической платформы во всех ОС семейства Microsoft Windows. Ближайшее десятилетие предполагается продолжение доминирования этого стандарта в ПО САПР для машиностроения.

Основным нововведением в ПВО САПР, которое стало негласным стандартом, является дерево конструирования (FeatureManager). Этот инструмент был предложен компанией SolidWorks в первой версии своей САПР - SolidWorks 95. Дерево конструирования показывает историю создания геометрической модели в виде иерархического дерева и позволяет редактировать любой созданный элемент модели.

Стандарты ПХИ. Стандартизация хранения информации необходима для свободного обмена данными о геометрических моделях между различными САПР. Решением этой проблемы заинтересовались с 70-х годов прошлого века, в результате было разработано несколько общепринятых стандартов. В 1980 году появился формат IGES (Initial Graphics Exchange Specification), который в 1981 году принят в качестве стандарта ANSI. В 1984 году введен стандарт ISO 10303 - STEP (Standard for Exchange Product Model Data). Фирма Autodesk предложила для обмена данными свой формат DXF (Autocad Data eXchange Format). [1] Однако использование этих стандартов не позволило безошибочно обмениваться всей возможной информацией о геометрических моделях между современными САПР. Это связано с тем, что разработчики каждой САПР стремятся в своем ПО оптимизировать представление геометрических моделей (для визуального отображения, взаимодействия с расчетными модулями и др.), что приводит к уникальности форматов данных.

Альтернативой единого стандарта для хранения информации о моделях стало использование процедур прямого импорта-экспорта данных в специфические форматы САПР. Наличие этих процедур стало негласным стандартом для всех современных САПР высокого и среднего уровня.

Существуют два основных изящных решения отдельных САПР, ставшие своеобразным стандартом для ПХИ:

- параметризация моделей;
- адаптивная связь между документами САПР одного проекта.

Параметризация моделей была впервые реализована компанией PTC в 1988 году в САПР Pro/Engineer. Это свойство моделей значительно упрощает и ускоряет их разработку и модификацию.

Полноценная двусторонняя адаптивная связь между всеми документами САПР одного проекта была впервые реализована в SolidWorks 95. Эта связь с одной стороны ускоряет создание моделей и технической документации. С другой стороны это свойство САПР обеспечивает целостность и согласованность данных о проекте, что является наиболее важным элементом при конструкторской деятельности.

Стандарты и тенденции развития ядер ПО САПР. Существуют три основных типа ядер: частные, лицензируемые, с открытым кодом [7].

Частные ядра разрабатываются разработчиком САПР только для своего ПО. Разработка простейшего ядра является сравнительно несложной задачей программирования. Так авторами статьи была создана система «ProEngine», позволяющая создавать реалистичные трехмерные твердотельные геометрические модели балочных конструкций. Сложность создания ядра значительно увеличивается при реализации ПО, которое способно создавать и управлять геометрической моделью произвольной формы. Например, фирма ТОП Системы первоначально занималась разработкой своего ядра, однако затем было принято решение о покупке готового ядра. До 1990 года все САПР имели частные ядра.

С целью унификации основных операций геометрического моделирования для использования в САПР было предложено несколько графических ядер, наиболее известными из которых являются ACIS и Parasolid.

Ядро ACIS разработано в 1990 году компанией Spatial Technology и используется в САПР среднего уровня AutoCAD, Mechanical Desktop, Autodesk Inventor (Autodesk Inc.); Cimatron (Cimatron Ltd.); ADEM (Omega Technology); Mastercam (CNC Software, Inc.); Powermill (DELCAM) [8]. В настоящее время наибольшее распространение имеет ПО Autodesk Inc., конкурентная способность которого снижается.

Ядро Parasolid разработано в 1988 году фирмой Unigraphics Solutions. В 1998 году Unigraphics закупила компанию Intergraph (разработчик САПР Solid Edge на основе ядра ACIS) и интегрировало в Parasolid все лучшие решения ACIS. Parasolid используется в CAD/CAM-системах верхнего уровня CATIA (Dassault Systemes), Unigraphics (Unigraphics Solution) и САПР среднего уровня Solid Edge и Unigraphics Modeling (Unigraphics Solutions); SolidWorks (SolidWorks Corp.); MicroStation Modeler (Bentley Systems Inc.); Pro/Desktop (Parametric Technology Corp.); Anvil Express (MCS Inc.); Компас (Аскон) и T-Flex CAD (Топ Системы). С 1996 года графическое ядро Parasolid принято в качестве промышленного стандарта [1].

Единственным конкурентом среди CAD/CAM-систем верхнего уровня для CATIA и Unigraphics является система Pro/Engineer (Parametric Technology Corp. (PTC)), которая с 2000 года использует ядро Granite One. Это ядро разработано корпорацией PTC и дублирует особенности ядра Parasolid.

Среди ядер с открытым кодом наибольшее распространение имеют библиотеки функций геометрического моделирования Open CASCADE и набор

компании Solid Modeling Solutions (SMS).

Open CASCADE базируется на платформе известной САПР Euclid, разработанной компанией Matra Datavision. В 1998 году Matra Datavision была куплена корпорацией Dassault, проект Euclid был закрыт, а ядро опубликовано в Интернете. Сейчас собственником ядра является французская компания Principia Research&Development. Развитие и использование ядра проводится по принципам Open Source.

В отличие от Open CASCADE набор компании SMS является платным. Для использования ядра необходимо оплатить лицензию за два года использования. После двух лет пользования лицензией покупатель получает полное право на текущую версию ядра. В платный период покупатель ядра обеспечивается технической поддержкой и поставкой всех новых версий графических библиотек. Ядро состоит из набора программ SMLib (1998 год создания (г.с.)), NLib, GSLib, TSNLib (2002 г.с.) и SDLib (2004 г.с.) [7].

Каждый из типов ядер САПР имеет свои преимущества.

Частное ядро является полноправной собственностью разработчика, который определяет все его возможности.

Использование лицензированного ядра значительно упрощает разработку новой САПР и сразу ставит ее в ряд с современными общепризнанными САПР, основанными на том же ядре. Недостатками этого решения являются увеличение стоимости САПР (за счет стоимости ядра) и ограничениями возможностями САПР (за счет ограничения модификации ядра).

Использование ядра с открытым кодом является промежуточным решением. С одной стороны готовое ядро значительно упрощает создание новой САПР, что является преимуществом. С другой стороны разработчику ПО необходимо изучать исходный код большого размера и исправлять ошибки в чужих программах, что усложняет процесс отладки САПР.

Проводя параллель с современным развитием ОС, разработка будущих САПР высокого уровня предполагается на основе стандартизированных ядер: лицензированных и с открытым кодом. В САПР низкого и среднего уровня возможно использование частных ядер. Современный стандарт ядра САПР определяет ядро Parasolid в котором интегрированы и все лучшие решения ядра ACIS.

Заключение.

Для систематизации основных стандартов ПО САПР машиностроительного направления предложена обобщенная логическая структура.

Для каждой подсистемы и отдельно для ядра САПР сделан обзор стандартов, которые имеют современное применение.

В каждой подсистеме выделены наиболее распространенные новшества, которые были разработаны в отдельных САПР и стали необходимыми элементами (негласными стандартами) всех САПР.

Сделан прогноз относительно дальнейшего развития машиностроительных САПР.

Список литературы: 1. *И.П.Норенков* Краткая история вычислительной техники и информационных технологий // Приложение к журналу «Информационные технологии», 2005. – № 9. – <http://www.techno.edu.ru> 2. *И.П.Норенков* Подходы к проектированию автоматизированных систем. – <http://www.techno.edu.ru> 3. *Д.Роджерс, Дж.Адамс* Математические основы машинной графики. – М.: Машиностроение, 2001. – 604 с. 4. *О.Татарников* 3D-стандарты // Компьютер-Пресс, 1999. – № 11. – С. 33-37. 5. *М.Джамбруно* Трехмерная (3D) графика и анимация. – М.: Вильямс, 2002. – 640 с. 6. *Э.Энджел* Интерактивная компьютерная графика. Вводный курс на базе OpenGL. – М.: Вильямс, 2001. – 592 с. 7. *Е.Гореткина* Путешествие в центр САПР. – <http://kis.pcweek.ru/year2005/N6/cp1251/Saprl/> 8. *О.Н.Калачев* Компьютерно-интегрированное машиностроение и CAD/CAM Cimatron // Информационные технологии. – 1998. – № 10. – С. 43-47.

Поступила в редколлегию 12.11.2007

УДК 539.3 + 681.3

В.В.ОВЧАРЕНКО, канд.техн.наук; НТУ «ХПИ»

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

Робота присвячена загальним підходам до проектування та розробки спеціалізованого програмного комплексу оптимізації. Викладені основні вимоги до комплексу, який планується розробляти. Розроблені принципи проектування, виділені структурні елементи та розбудована загальна схема взаємодії між ними в рамках обчислювального кластера. Окреслений круг завдань для подальшої розробки комплексу.

The work is devoted to basic approaches for projecting and design of a specialized optimization program product. The basic requirements for developing system were stated. The design principles were developed. Structural elements was distinguished. The common scheme of interaction between structural elements in frames of computing cluster was elaborated. The sphere of problems for further product development was described.

1. Актуальность работы. Задачи оптимизации становятся все более востребованными в широком круге отраслей промышленности и направлений развития науки и техники. В настоящее время существуют и продолжают разрабатываться множество методов решения задач оптимизации. Существуют также оптимизационные процедуры либо модули в современных программных комплексах для проектирования и анализа инженерных задач. Они, как правило, поддерживают несколько методов оптимизации, предоставляют пользователю возможность выбора метода, и нужно отметить, достаточно успешно справляются с определенным набором задач оптимизации. Несмотря на несомненные достоинства этих комплексов и встроенных в них решателей, практически все из них обладают рядом недостатков, если смотреть на них с точки зрения решения задач оптимизации.