

UNIGRAPHICS

для профессионалов

М. Краснов
Ю. Чигишев

Издательство "ЛОРИ"

М. Краснов, Ю. Чигишев Unigraphics для
профессионалов

Корректор Е. Пресс
Верстка Е. Самбу

© Издательство «ЛОРИ», 2004

Изд. N : ОАИ (03)
ЛР N: 070612 30.09.97 г.
ISBN 5-85582-207-9

Подписано в печать 05.01.2004. Формат 70x100/16
Бумага офсет N1. Гарнитура Нью-Баскервиль. Печать офсетная.
Печ.л. 20 . Тираж 3200- Заказ N 611
Цена договорная

Издательство «ЛОРИ». Москва, 123557 Б. Тишинский пер., д. 40, корп. 2
Телефон для оптовых покупателей: (095) 259-01-62.
WWW.LORY-PRESS.RU

Отпечатано в типографии ООО «Типография ИПО профсоюзов Профиздат»
109044, Москва, ул. Крутицкий вал, д. 18

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Немного истории	7
Для чего нужны 3D-системы	7
Что такое параметризация и когда она нужна	8
Принцип мастер-модели	10
Ассоциативные связи в модели	11
Unigraphics — комплексная система	12
Начинаем работу с Unigraphics	31
Настройки системы	31
Начинаем работу в Unigraphics	33
Типовые функции	35
Методология построения детали в Unigraphics	39
Построение модели детали с использованием эскизов и кривых	39
Построение кривой, заданной системой математических уравнений	86
Пример построения параметрической модели без применения эскизов и кривых	92
Поверхностное моделирование (Free form Modeling)	119
Поверхность по точкам (Through Points)	123
Линейчатая поверхность (Ruled Surface)	126
Поверхность по кривым (Through Curves Surface)	137
Поверхность по сетке кривых (Through Curve Mesh)	143
Пример формирования модели сборки (Assembly Modeling)	147
Формирование сборки «снизу-вверх»: добавление компонентов в сборку	148
Назначение условий сопряжения	150
Определение положений деталей в сборках разного уровня	154

Создание массива деталей	171
Применение ссылочных наборов	178
Формирование сборки «сверху-вниз»: конструирование деталей в контексте сборки	179
Проверка пересечений деталей в сборке	191

Управление ассоциативными зависимостями

между деталями в Unigraphics 194

Терминология модуля WAVE	194
Создание управляющей схемы	195
Создание компонентов управляющей схемы	201
Создание исходных частей	206
Создание связанных частей	207
Формирование обзорной сборки	218
Получение новых вариантов и управление обновлением частей	219
Несколько замечаний по формированию управляющей схемы	221

Подготовка конструкторской документации (UO/Drafting) 224

Создание чертежа детали по существующей модели	224
Нанесение основной надписи	225
Создание чертежных проекций (видов)	225
Добавление проекционных видов	228
Построение чертежных разрезов (сечений)	229
Построение выносных видов	234
Изменение расположения видов на поле чертежа	236
Изменение границ видов	237
Выравнивание видов	243
Редактирование элементов чертежа	246
Нанесение дополнительных обозначений	251
Нанесение размеров	254
Определение толщины линий	258
Нанесение специальных символов	259
Нанесение технических требований	263
Ассоциативная связь чертежа и параметрической модели детали	267
Создание библиотеки чертежных символов	269

Программирование в Unigraphics 275

UG/Open	275
UG/GRIP	278
UG/Open User Function	303

ВВЕДЕНИЕ

«Windows для "чайников"!», «Autocad 2000 для "чайников"!», «JAVA за 21 день!» - на прилавке любого книжного магазина вы встречали подобные издания, гарантирующие скорейшее освоение самых различных программных продуктов, операционных систем, программных оболочек. Эти книги находят своего читателя, помогая ему самостоятельно, шаг за шагом, освоить приемы работы с достаточно сложными программами. Как правило, вопрос о происхождении программного пакета, с которым книга знакомит пользователя, остается за пределами ее объема. Предполагается, что, будь-то операционная система или текстовый процессор, система автоматизированного проектирования или расчетная программа ~ они приобретены на законных основаниях и используются в соответствии с лицензионным соглашением (в этом случае пользователь вправе рассчитывать на помощь службы технической поддержки поставщика и разработчика программного продукта). В случае же применения программного продукта на домашнем компьютере вопрос о законности эксплуатации программных средств остается на совести пользователя.

Кому адресована эта книга? Прежде чем ответить на этот вопрос, следует сказать несколько слов о том, что же такое система Unigraphics, о которой пойдет речь. Unigraphics - не просто мощная система построения математических 3D-моделей, сочетающая приемы твердотельного и поверхностного моделирования. Unigraphics - это целый комплекс программных модулей, образующих единую систему. Он предназначен для решения задач промышленного дизайна и формирования облика будущего изделия; для высокоточного описания отдельных деталей и крупных сборочных узлов и агрегатов, состоящих из сотен и тысяч компонентов; для проведения сложных инженерных расчетов и моделирования поведения изделия в реальных условиях; для выпуска конструкторской документации

и управления сложнейшими станками с числовым программным управлением. Исходя из этого, становится очевидным, что ни о каком «домашнем» применении Unigraphics не может быть и речи, а предприятия, эксплуатирующие такое программное обеспечение нелегально, вступают в совершенно особые отношения с законом. И именно поэтому в книге вы не найдете советов и рекомендаций по установке системы. Мы справедливо полагаем, что всю необходимую помощь в этом вам оказал поставщик программного обеспечения.

Назвав книгу «Unigraphics для профессионалов», мы адресуем ее высококвалифицированным инженерам и специалистам и хотим поделиться нашими знаниями и опытом работы с этой системой, накопленными за годы продвижения Unigraphics в России и в процессе внедрения системы на реальных предприятиях. Надеемся, что вы найдете здесь много нового, что, возможно, осталось за пределами курса базового обучения Unigraphics. Мы построили эту книгу не в виде справочника по отдельным командам, а попытались поговорить о способах и методах моделирования отдельных деталей, узлов, о подготовке конструкторской документации и многом другом, что окажется полезным в вашей ежедневной работе.

Еще одно замечание. Unigraphics имеет весьма гибкую систему лицензирования отдельных модулей (например, модуль проектирования и анализа механизмов), и вполне может оказаться, что рассматриваемые нами примеры вы не сможете повторить на своем рабочем месте из-за отсутствия лицензии на тот или иной программный модуль. В этом случае за необходимыми разъяснениями следует обратиться в службу технической поддержки вашего поставщика Unigraphics.

В России одним из авторизованных поставщиков Unigraphics от EDS PLM Solutions является компания Consistent Software, предлагающая комплексные решения в области автоматизации промышленных предприятий. Все вопросы и замечания по поводу данной книги вы можете направить авторам по адресу:

Россия, 105066, Москва, Токмаков пер., 11

Тел.: (095) 913-2222 Факс: (095) 913-2221

HTTP: <http://www.csoft.ru> e-mail:

sales@csoft.ru

Немного истории

Прежде чем говорить о системе Unigraphics, скажем несколько слов о компании-разработчике данного пакета. EDS (Electronic Data System) — мировой лидер по предложению решений и услуг в области информационных технологий. EDS состоит из пяти подразделений: A. T. Kearney (консалтинг), Information Solutions (сервис в области информационных технологий), E Solutions (системная интеграция), Business Process Management (управление бизнес-процессами) и PLM Solutions (CAD/CAM/CAE и PDM-решения для поддержания всего жизненного цикла изделия). На сегодняшний день EDS работает более чем в 58 странах мира; штат компании составляет около 140 тысяч сотрудников.

А начиналась история Unigraphics так. В 1976 г. в результате объединения с компанией United Computing была образована компания Unigraphics Solutions как дочернее предприятие корпорации McDonnell Douglas (сегодня Boeing). Наверное, именно там закладывались первые алгоритмы Unigraphics.

В 1988 г. произошло объединение Unigraphics Solutions с компанией Shape Data Ltd, которая в те годы вела разработку математического ядра геометрического моделирования Parasolid. С этого момента вся математика Unigraphics базируется на ядре Parasolid.

В 1991 г. компанию приобретает фирма EDS и дает ей название EDS Unigraphics, и в этом же году состоялась первая поставка системы в Россию!

В 1992 г. к компании приходит мировая известность - крупнейшими пользователями системы Unigraphics становятся корпорации General Electric, McDonnell Douglas, в этом году открывается представительство EDS Unigraphics в Москве.

В 1998 г. EDS Unigraphics становится дочерней компанией EDS, возвращает прежнее название - Unigraphics Solutions и присоединяет подразделение компании Intergraph, разрабатывающей систему твердотельного моделирования Solid Edge.

За прошедшие годы официальными пользователями системы Unigraphics в России стали сотни предприятий. Система успешно эксплуатируется в авиационной и автомобильной промышленности, в тяжелом машиностроении, в производстве товаров народного потребления. Ядро Parasolid стало de-facto стандартом для систем трехмерного моделирования и инженерного анализа. Его лицензировали для построения своих систем многие разработчики, и даже некоторые российские системы используют платформу Parasolid.

Для чего нужны 3D-системы

Человек мыслит трехмерными образами, но описать их посредством слов удается далеко не всегда. Как утверждают психологи, 80% информации человек получает посредством органов зрения. Поэтому проще всего передать информацию о каком-то объекте (тем более о пока еще не существующем, но

только задуманном) через его макет или модель. Еще можно нарисовать этот объект. Если он достаточно сложный — одним рисунком не обойтись, нужно несколько рисунков с разных точек зрения на него. Это требует от человека определенного умения, чем могут похвастаться далеко не все. Были разработаны определенные правила выполнения таких рисунков через связанную систему проекций объекта на оговоренные плоскости, условных разрезов и сечений. Рисунок стал более простым, выполнение его более не требовало от человека наличия особых художественных навыков. Оно стало ремесленничеством, а сам рисунок получил название чертежа. Это была единственная возможность передать информацию о трехмерных объектах с помощью двухмерных объектов. Человеку приходилось вычерчивать проекции и сечения воображаемого трехмерного объекта на бумаге. Это был путь от трехмерного воображения к двумерному изложению. Обратный процесс - сформировать в воображении трехмерный объект по набору его плоских проекций - опять-таки требовал наличия трехмерного воображения и соответствующего опыта.

Первые CAD-системы (от Computer Aided Design - проектирование с помощью компьютера) позволили человеку выйти из-за культа, автоматизировать отдельные операции. Одним словом, освободившись от некоторой части рутинного труда, конструктор-проектировщик стал создавать те же чертежи на компьютере. При этом остался конфликт между трехмерным воображением и необходимостью отражения объемного мира в плоском виде.

С появлением трехмерных систем твердотельного моделирования конструктор получил возможность создать модель проектируемого объекта такой, какой она и является. На первых порах зрительное представление модели было каркасным — в виде проволоки ребер. С развитием аппаратного обеспечения появилась возможность изобразить модель в виде твердого тела в динамическом режиме и с учетом различных характеристик поверхности этой модели.

Что такое параметризация и когда она нужна

С помощью системы Unigraphics инженер создает модель изделия или его элементов такими, какими он их себе представляет. Unigraphics - это система трехмерного твердотельного гибридного моделирования, в котором инженеру предоставляется полный набор функций работы с твердым телом, поверхностью и каркасной моделью. Что такое гибридное моделирование? Это объединение возможности строить модель с помощью компонентов, определяемых набором параметров-размеров, и с помощью созданных в пространстве модели элементов, которые в явном виде не определяются никакими числовыми параметрами. В первом случае модель составляется посредством операций с элементарными компонентами (типа параллелепипед, цилиндр, конус, сфера) в качестве базовых и дополнительными компонентами (типа карман, бобышка, проточка ит.п.). Кроме того, может быть использован эскиз (Sketch). Эскиз является полностью

параметризованным объектом. Для точной привязки к модели эскиза или дополнительных компонентов используются специальные объекты - ассоциативно связанные с этой моделью оси и плоскости. Модифицировать такую модель можно путем изменения значений параметров. Во втором случае модификация осуществляется через геометрическое редактирование имеющихся элементов, которые представляют собой набор отрезков, дуг окружностей и кривых.

Иногда при построении модели можно полностью обойтись без таких геометрических объектов, как точки, прямые, окружности, в качестве вспомогательных, а использовать их только при необходимости. Во всех случаях модель ассоциативно завязана с определяющими ее элементами и будет изменяться в случае их редактирования.

Таким образом, в системе Unigraphics одна и та же модель может быть создана множеством способов, и от выбранного способа построения будет зависеть легкость ее дальнейшего редактирования и использования в сборке. Если впоследствии эту модель необходимо будет редактировать в достаточно широком диапазоне, то используют только инструменты создания полностью параметризованной модели. В других случаях, например, когда создается модель покупного изделия и задачи получения параметрической модели не стоят, используют весь набор имеющихся инструментов. С помощью булевых операций построенное каким-либо образом базовое тело дополняется другими компонентами. При этом позиционировать их можно просто по пространственным координатам, без затраты времени на определение ассоциативно связанных с моделью осей и плоскостей. Редактирование такой модели также возможно, но оно потребует затраты чуть большего времени и дополнительных действий инженера.

Наличие таких возможностей дает больше свободы действиям инженера и ставит систему Unigraphics на порядок выше по сравнению с чисто параметрическими системами. Когда впервые появились параметрические CAD-системы, казалось, что инженер теперь сможет разработать любое изделие, быстро получить его новую модификацию. Практический опыт работы показал, что сквозная параметризация изделий со сложными внешними формами не всегда возможна. Большие многокомпонентные модели не так-то легко модифицировать, просто изменив несколько размеров. Часто между компонентами возникают конфликты, которые трудно бывает предусмотреть заранее.

Существующая практика конструирования такова. Когда конструктор разрабатывает оригинальную деталь, не имеющую прототипа, он больше думает о внешнем виде этой детали и ее функциональности. Необходимость удобной параметризации отодвигается на второй план. Модель такой детали формируется теми инструментами, которые инженер считает удобными для применения. Большой диапазон инструментов дает большую свободу выражения замыслов инженера. Он думает о создаваемой конструкции, а не об алгоритме построения модели. В дальнейшем модель можно перестроить, компоненты одного типа заменить другими, изменить привязку и их позиционирование.

Построенная модель ассоциативно зависит от всех элементов, на основе которых она была создана. Это означает, что при редактировании любого элемента будут изменяться результаты всех последующих построений вплоть до окончательной модели.

Принцип мастер-модели

Один из основополагающих принципов работы в системе UG - это принцип мастер-модели. Именно принцип, а не технология. Заключается он в том, что любая модель детали или сборки создается один раз. Впоследствии во всех приложениях используется именно эта модель, а не ее копии. Необходимая нам модель вставляется в качестве единственного компонента в сборку. Эта модель является мастер-моделью. Поступать так порою необходимо по нескольким причинам.

Конечно же, работая с моделью, можно в том же файле запустить любое приложение системы Unigraphics, выполнить необходимые расчеты, создать чертеж и т.д. Если работает специалист широкого профиля, знающий инструмент разных приложений, и нет ограничений на объем файла, все можно выполнить в этом файле. При групповой же работе над серьезным проектом обязательно существуют зоны ответственности, специализация между членами коллектива разработчиков. У модели есть свой круг инженеров-конструкторов, которые ее разработали и могут вносить в нее изменения. Другие инженеры, в частности: инженер, не разрабатывавший эту модель, но составляющий чертежную документацию на нее; расчетчик-прочнист; технолог, формирующий набор управляющих программ для станка с ЧПУ; и др. — имеют только право чтения на файл данной модели. Разумеется, всем этим специалистам можно предоставить право редактировать файл модели, но, во-первых, все они одновременно не смогут работать с одним и тем же файлом. Во-вторых, и это наиболее важно, модель может быть несанкционированно изменена без ведома конструктора, который отвечает за эту деталь или сборку. Тогда каждый из специалистов создает свою сборку, вставляет данную модель в качестве компонента и в соответствующем модуле UG выполняет свою часть работы. Теперь уже у каждого из них будут полные права на свой файл и право чтения на остальные. Каждый из специалистов, участвующих в проекте, отвечает за выполнение своей работы и уверен в том, что информация не будет изменена без его ведома. При изменении же основы, т.е. самой мастер-модели, во всех ее дочерних файлах результаты будут пересчитаны автоматически или по вызову функции обновления, поскольку все связанные с мастер-моделью файлы ассоциативно зависимы от нее.

При разработке чертежей оправдана практика, когда чертежи деталей создаются непосредственно в файле самой модели с использованием функционала модуля Drafting. Для создания чертежей сборок, особенно больших, содержащих более сотни компонентов, настоятельно рекомендуем работать по вышеописанному принципу мастер-модели.

Для проведения инженерного анализа интересующей нас модели она также вставляется в сборку. Теперь можно приступить к решению задач анализа. Здесь нет проблем согласования работы с одной моделью всех участников, поскольку подобный анализ выполняется, как правило, одним инженером. Но проанализировать чаще всего необходимо целый набор всевозможных случаев эксплуатации проектируемого изделия. Поэтому при работе с модулями инженерного анализа тот же принцип мастер-модели еще раз срабатывает в скрытом виде. Мастер-моделью служит та модель, в которой были открыты соответствующие модули. Далее, например для прочностного анализа каждого случая нагружения, назначается свой сценарий. Аналогично назначаются сценарии при анализе работы механизмов в различных условиях. Все сценарии ассоциативно зависимы от модели, на которой они были первоначально определены, но для нахождения оптимального решения в любом сценарии существует возможность изменить модель. Изменения остаются в данном сценарии. Мастер-модель будет находиться в первоначальном виде, пока не будет принято решение о внесении в нее предлагаемых изменений.

Ассоциативные связи в модели

Ассоциативностью называют способность системы запоминать логические связи между операциями построения и геометрическими объектами, которые использовались в этих операциях. В процессе построения модели создается связь, зависимость одних объектов (дочерних) от первоначальных объектов (родительских). Любые изменения родительских элементов приводят к автоматическому обновлению операции построения. Ассоциативность дает возможность без прохождения всего пути создания конечного объекта получать измененный конечный объект путем редактирования его родительских объектов. Сколько бы ни было уровней между родительскими и дочерними объектами, редактирование родителя повлечет изменение всех дочерних объектов на всех уровнях. Такая зависимость напоминает параметризацию объекта, когда изменение начальных параметров приводит к изменению конечного построения. Сочетание функционала параметрического моделирования с отслеживанием ассоциативных зависимостей открывает широкие возможности быстрого создания измененной модели на основе базовой.

Инженерная практика устанавливает требования на ассоциативную зависимость между различными объектами. Одно дело, когда должна меняться поверхность при изменении кривой, по которой она была определена, и все построение было выполнено в одном файле. Совсем другое дело, когда в одном файле необходимо построить объект и связать его с объектом из другого файла. Механизмы реализации таких зависимостей различны. Первый случай реализован «по умолчанию»; при этом сохраняется возможность управлять, т.е. принять или отказаться от сохранения ассоциативных зависимостей между объектами.

Для второго случая разработан специальный модуль UG/WAVE, который позволяет связать объекты, находящиеся в различных файлах, и задействовать их в последующих построениях, управлять этими связями и анализировать результаты, к которым приведут изменения родительских объектов.

Unigraphics - комплексная система

По тому, насколько широк круг решаемых системой задач, их делят на уровни: начальный, средний, высокий. К высокому уровню относят комплексные системы, которые связывают воедино все процессы проектирования и изготовления изделия. Они помогают решать задачи, стоящие в ходе разработки больших сложных изделий — от эскизного проектирования до реализации проекта, — через этап расчетов и оптимизации изделия.

Для решения каждой из задач разработан законченный пакет программ, который называют модулем, или приложением. Любое рабочее место в системе Unigraphics формируется набором модулей, что позволяет составить оптимальный по функциональности инструмент для дизайнера, конструктора, прочниста, технолога и других специалистов. Познакомимся с основными модулями (applications - в терминологии Unigraphics) системы.

GATEWAY

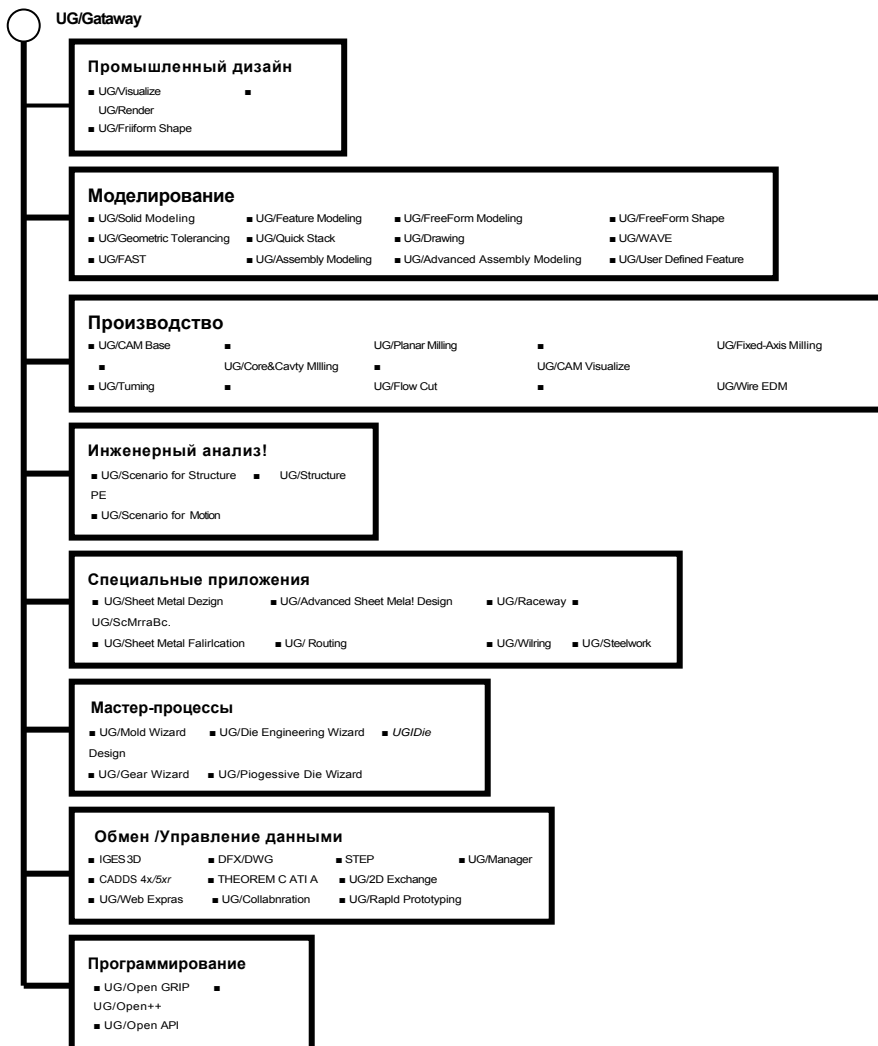
Будет справедливо назвать этот модуль главным модулем системы. В этом приложении не производится никаких геометрических построений или операций над математическими моделями. Его основное предназначение - обеспечить связи между всеми модулями Unigraphics, корректное взаимодействие различных приложений, основанное на принципе мастер-модели. Именно Gateway реализует практически незаметный переход от функций твердотельного или поверхностного моделирования к операциям оформления чертежа, инженерного анализа, формирования управляющих программ станков с ЧПУ.

Gateway управляет доступом к базам данных, режимами отображения моделей, компоновкой видов, слоями и атрибутами объектов, реализует механизмы импорта/экспорта моделей в формате Parasolid. Функционал Gateway обеспечивает создание макрокоманд, настройку меню и панелей инструментов, связь с электронными таблицами, встроенную систему подсказок.

Количество лицензированных модулей Gateway в точности соответствует количеству рабочих мест Unigraphics, на которых одновременно могут быть запущены различные приложения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ

Инженерам, занимающимся разработкой новых изделий, приходится решать сложнейшие задачи. В процессе работы они учитывают множество требований к изделию, порой взаимоисключающих друг друга. От того, насколько им удастся



справиться со всеми проблемами, удовлетворить всем требованиям, будет зависеть судьба изделия. Поэтому столь важно, чтобы еще на этапе предварительного проектирования и разработки конструкции инженер мог принять оптимальное решение, исключить ошибки и свободно вносить изменения для модификации изделия.

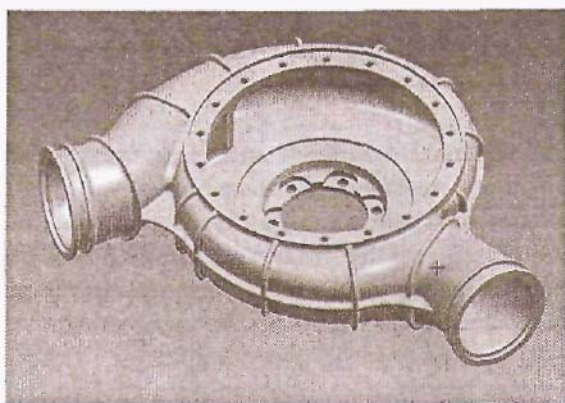
Полный набор операций с твердым телом и поверхностью основан на полностью ассоциативном, параметрическом дереве построения. Навигатор модели, наглядно показывающий элементы, из которых построена эта модель, и порядок построения, позволяет выбрать конструктивные элементы и оперативно менять их и связи между ними. Историю построения модели можно просмотреть пошагово, а конструктивные элементы допускается копировать и затем

вставлять в модель. Количество элементов, из которых строится деталь, неограниченно, и это дает возможность построить особо сложную модель. С помощью методов геометрического конструирования можно вносить необходимые изменения как в параметризованную, так и в непараметризованную модель, а также преобразовывать поверхности и твердые тела в типовые элементы и заносить их в конструкторскую базу данных.

Электронные таблицы, включающие в себя возможности задания не только сложных систем уравнений, но и геометрические выражения, позволяют создавать семейства деталей и управлять ими, проводить итерационный анализ по заданным критериям. Такой инструмент — это реальная возможность составления библиотеки стандартных изделий, используемых на предприятии.

Перечислим модули Unigraphics, имеющие непосредственное отношение к проектированию, конструированию и выпуску конструкторской документации.

UG/SOLID MODELING



Модуль содержит такие основные функции, как проектирование кривых, эскизов и твердотельных примитивов, базовые операции над твердыми телами, построение твердых тел вращением и переносом контура, булевы операции над твердыми телами (вычитание, объединение, пересечение), «сшивание» твердотельных элементов с автоматическим

сохранением параметров построения и ассоциативной связи между геометрическими объектами. В модуль входят все функции по просмотру дерева построения модели и редактирования геометрии. UG/Solid Modeling — самый мощный инструмент гибридного твердотельного моделирования.

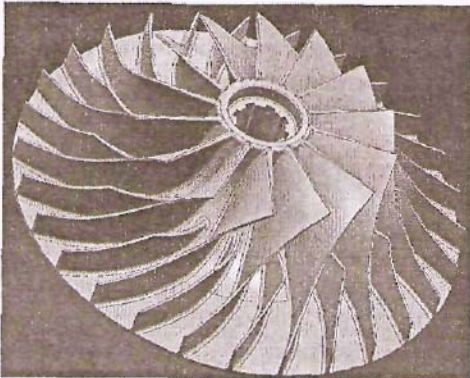
UG/FEATURE MODELING

Модуль содержит дополнительный, предназначенный специально для конструктора, набор операций твердотельного моделирования. Основные функции: создание типовых элементов (отверстий, карманов, втулок, прямоугольных выступов, пазов, скруглений постоянного и переменного радиуса, фасок и т.п.), определение вспомогательных плоскостей и осей, использование типовых элементов формы, созданных с помощью модуля UG/User Defined Feature. Этот набор инструментов потребуется при создании практически любой детали - от

самых простых втулок до сложных корпусных деталей, картеров двигателей, станин и т.д.

UG/FREEFORM MODELING

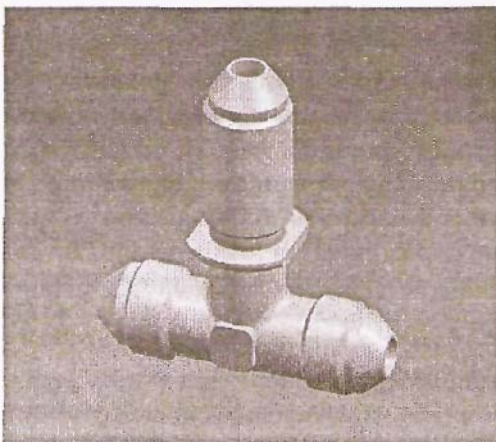
Модуль состоит из функций создания и редактирования NURBS поверхностей сложной формы (аэродинамических поверхностей, деталей лопаточных машин,



обводов судна, автомобиля). В зависимости от контекста построения результатом может быть как объемное твердое тело, так и листовое тело. Основные функции: построение линейчатой поверхности с произвольной параметризацией, поверхности по набору точек или контрольных узлов, поверхности по сетке кривых, кинематических поверхностей, поверхностей сопряжения и т.д. При этом следует

отметить, что ядро Parasolid позволяет Unigraphics не делать принципиальных отличий между твердотельными и поверхностными объектами в процессе моделирования. Всегда возможен переход от поверхности к твердотельному примитиву и наоборот.

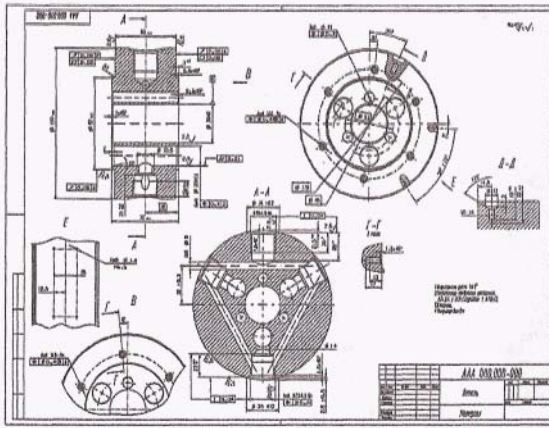
UG/USER DEFINED FEATURES



Среди многочисленных типовых элементов, представленных в модуле UG/Feature Modeling, может не оказаться именно того, которым вам приходится ежедневно пользоваться в работе, - сложного выреза специальной формы, малкованиого профиля, втулки, муфты - всех не перечислить. С применением модуля User Defined Features любой из типовых объектов (элемент формы или же полностью сформированная деталь) может быть параметрически описан, занесен в библиотеку

пользователя и в дальнейшем будет доступен для использования как штатный объект из набора UG/Feature Modeling.

UG/DRAFTING



Несмотря на бурное развитие систем 3D-моделирования и все большее распространение технологий проектирования с применением электронного представления изделия, отказ от чертежа — как основного носителя информации - произойдет еще не скоро. Пусть даже сам чертеж становится электронным объектом технического документооборота и выпускается с помощью программных средств - сам процесс подготовки документации на изделие в

виде набора чертежных видов еще долго будет востребован, и именно для облегчения этого процесса предназначен модуль UG/Drafting. С его помощью можно легко создать любой чертеж на базе существующей трехмерной геометрической модели твердого тела, проволочной модели и эскиза. Модуль содержит большое количество разнообразных функций, направленных на облегчение создания чертежа любой степени сложности по любым стандартам. Полная ассоциативная связь чертежа с математической моделью позволяет всегда иметь конструкторскую документацию, точно соответствующую геометрической модели. Основные функциональные возможности и преимущества модуля: графический интерфейс с широким использованием пиктограмм; интерактивная настройка графических атрибутов; наследование свойств существующих графических элементов чертежа; автоматическое построение ортогональных и дополнительных видов с удалением невидимых линий; автоматическое построение сечений и разрезов; автоматическая простановка размеров на геометрии, построенной по эскизам; ассоциированные с геометрией спецсимволы (обозначение сварки, шероховатости поверхности, допуски на геометрические отклонения); автоматическое создание конструкторской спецификации; удобные функции задания и редактирования текста.

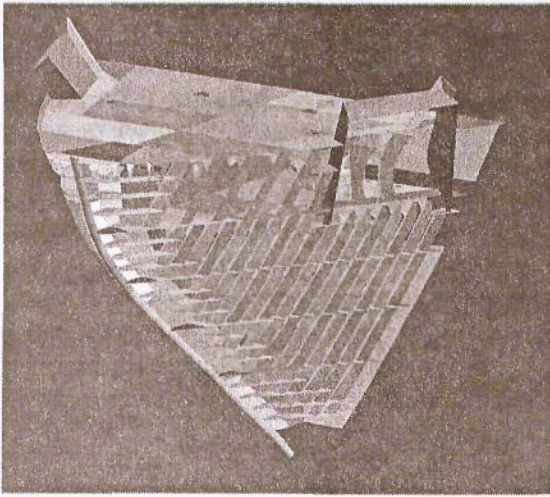
UG/GEOMETRIC TOLERANCING, UG/QUICK STACK

Специализированный модуль UG/Geometric Tolerancing является базой для вариационного анализа размеров, обеспечивая описание допусков. Он полностью ассоциативен с параметрической моделью изделия, и информация о допусках представляется непосредственно на трехмерной модели. Базируясь на стандартах обозначения допусков ANSI Y.14.5M.1982, ASME Y14.5M_1994 или ISO 1101_1983, модуль поддерживает синтаксическую проверку допусков, автоматическое

обновление назначенных допусков при обновлении модели, автоматический перенос символов обозначения баз и допусков на чертеж. Информационная связь с приложениями для анализа допусков отдельных деталей и сборок обеспечивается через приложение UG/Open API.

Модуль **UG/Quick Stack** является инструментом анализа размерных цепочек и позволяет быстро провести минимальный/максимальный статический анализ полей допусков непосредственно на модели и получить первую оценку качества уже на начальном этапе проектирования.

UG/ASSEMBLYMODELING, UG/ADVANCED ASSEMBLIES



Модуль **UG/Assembly Modeling** обеспечивает создание сборочной модели. Архитектура модуля дает возможность создать сборку любой глубины вложенности, состоящую из неограниченного количества компонентов. Концепция «мастер-модель» и проектирование в контексте сборки дают возможность работать над деталью, имея полную информацию об окружающей геометрии.

Дополнительный модуль **UG/Advanced Assemblies** содержит функции,

необходимые при работе с большими сборками, содержащими десятки сотен или тысяч компонентов. Модуль выполняет автоматический анализ зазоров между компонентами сборки, весовой анализ, построение разнесенных видов. Он поддерживает построение и управление упрощенными представлениями геометрии.

UG/WAVE

Технология WAVE является базой для параметрического моделирования изделия любой сложности. Механизм управляемой ассоциативной связи между геометрическими моделями дает возможность объединить концептуальное проектирование и детальное конструирование таким образом, чтобы изменения на концептуальном уровне автоматически отражались на уровне не только отдельных деталей, но и вторичных технологических моделях.

При использовании Wave-технологии создается так называемый «концептуальный» шаблон, который принято называть управляющей структурой. Он определяет наиболее существенные параметры изделия, от которых зависят его функциональные характеристики (например, в самолетостроении в качестве

подобной структуры может выступать конструктивно-силовая схема изделия или агрегата). Использование этого шаблона позволяет построить модель, которая допускает параметрические изменения конструкции с высокой степенью детализации. Такой подход дает возможность быстро и точно определить, какое влияние оказывает тот или иной параметр на характеристики вашего изделия.

Помимо общих задач проектирования, конструирования и выпуска технической документации на разрабатываемое изделие, часто необходимо решать достаточно специальные задачи проектирования. В этих случаях инженерам предлагаются дополнительные функции системы Unigraphics.

Осуществить разводку сложных подсистем коммуникаций (проводов, трубопроводов, кабельных каналов, металлоконструкций) в сборке помогут специальные приложения, каждое из которых отличается характером использования сечений трасс. В гидравлических, пневматических трассах и электрических жгутах используются круглые сечения. Для металлоконструкций систем отопления и вентиляции — это сечения произвольной формы. Каждое приложение имеет свою библиотеку стандартных инструментов: наборы разъемов, фитингов и крепежных элементов. Набор специальных инструментов предназначен для построения сложных пространственных трасс в уже созданной сборке. Результаты работы включают точный расчет длин кабелей, таблицы сгибов труб, расчет диаметров жгутов кабелей, автоматизированное построение схем разводки и значительно упрощенную процедуру построения спецификаций. Без использования этих возможностей при разработке сложных изделий до 80% всех трубопроводов приходится корректировать на макетах либо на первых образцах и выпускать чертежи на них только после получения шаблонов труб.

Выполнить трехмерную прототип-модель раскладки электропроводки поможет еще один специальный модуль системы Unigraphics. Исходной информацией для прокладки кабелей является таблица соединений, которая может быть получена из своей программы. Работая в трехмерном пространстве, конструктор намечает расположение осевых линий будущей проводки и положение электронных блоков. Далее система проверяет наличие всех необходимых соединений, заменяет осевые линии твердотельными моделями жгутов, контролируя минимальный радиус изгиба, и выпускает спецификацию.

Среди технологических приложений системы Unigraphics хотелось бы отметить сферу проектирования и изготовления деталей из листовых материалов. Здесь инженеру предоставлены большие возможности. Процесс создания модели близок к процессу изготовления детали. Каждый шаг построения модели может рассматриваться как стадия обработки - превращения плоского листа в требуемую деталь. Набор конструктивных элементов для создания листовых изделий включает сгибы, фланцы, врезные фланцы, фланцы общего вида, скобы, буртики, штамповку, отверстия, прорези и вырезы. Каждый конструктивный элемент полностью параметризован и создает такую геометрию, которая может быть корректно построена в условиях сложной топологии. Каждый конструктивный элемент

использует информацию о деформациях материала при изгибе; с каждым элементом ассоциированы изменяемые формулы, характеризующие сгиб, а также стандартные свойства материала. Для снижения времени обучения и для повышения производительности при построении сложных скоб, уголков и гофров существует специальный мастер-процесс. Средства, построения развертки позволяют получить конфигурацию заготовки и вычислить критичные размеры для сгибов и других элементов. Развертка полностью ассоциативна с пространственной моделью.

Существуют возможности проектировать листовые детали, которые изготавливаются штамповкой, вытяжкой и формовкой. Основные функции данного модуля: отгиб вдоль криволинейного ребра, построение соединительной поверхности между двумя телами. В качестве геометрии построения соединительной поверхности могут использоваться ребра, кривые. Листовое тело может строиться в контексте сборки с использованием геометрии других деталей. Имеются функции развертки сложных неразворачиваемых поверхностей. Конструктор может выбрать алгоритмы, характерные для разных техпроцессов и материалов.

Развертки различных деталей в любом количестве можно использовать для оптимальной раскладки на листовую заготовку. Выбираются детали, которые следует раскладывать, количество копий и тип используемой заготовки. Автоматическая раскладка позволяет выбирать между альтернативными стратегиями, контролируя размещение раскладываемых деталей. Программа оптимизирует смену инструмента и вырубку деталей для минимизации перемещения листа.

Модуль проектирования пресс-форм для деталей из пластмасс позволяет автоматизировать процесс конструирования пресс-форм и экономит большое количество времени. Он помогает выполнить последовательный набор операций для проектирования пресс-форм. Автоматизированы следующие процессы: импорт данных и создание отдельного проекта для пресс-формы, создание семейства пресс-форм, расчет усадки. Полностью автоматизирована функция определения полостей штампа, включая определение линий разъема.

Существует также специальный инструмент для проектирования штампов листовых деталей (во многом аналогичный предыдущему). Модуль дает возможность получить штамп, полностью готовый к производству, включая определение линий разъема штампа, назначение последовательности технологических операций, проектирование вспомогательных и связующих поверхностей. Модуль автоматизирует построение переходной и прижимной поверхностей, создание структуры сборки штампа со всеми стандартными деталями (заготовки для матрицы, пуансона, прижима, плиты крепления, колонки, втулки, крепежа и т.д.), определение положения детали в штампе по различным критериям. Еще одна важная функция - учет эффекта пружинения металла в штампе. Ее использование позволяет исключить так называемые лицевые дефекты на корпусных деталях автомобиля.

Автоматизировать процесс проектирования и моделирования, оптимизировать конструкцию зубчатых передач и редукторов поможет модуль проектирования зубчатых передач. Используя заложенную методологию, конструктор создает зубчатые механизмы, подшипники, шпоночные соединения и т.д. Набор конструкторских шаблонов можно использовать для создания различных трансмиссионных схем. Создаются точные геометрические модели отдельных деталей. Конструктор может определять параметры зубьев, проектировать редукторы и производить расчет конструкции на прочность.

Еще один модуль позволяет проектировать сварные соединения с использованием наиболее широко применяемых в промышленности методов сварки. Конструктор может спроектировать точечную сварку, роликовый сварной шов и дуговую сварку различной формы (проточки, пазы, ребра и т.д.). После создания модели автоматически создается чертеж и сопровождающая документация. Модуль также поддерживает создание клеевых соединений.

До последнего времени обособленно существовали дизайнерские системы, в которых разрабатывались внешние обводы изделия, производилась оценка внешнего вида изделия в соответствующей обстановке, в условиях освещенности и т.д. Речь, конечно, не идет об изделиях типа самолета или катера, внешние обводы которых определяются законами аэро или гидродинамики. Их оценка производится с помощью специализированных программ по специальным критериям.

При таком положении дел между дизайнерами и конструкторами существовал огромный разрыв. Прототип будущего изделия прорисовывался дизайнерами (вручную либо за компьютером) и потом создавался из картона, пластилина, дерева и других материалов. После этого рассматривались инженерные соображения, компоновочные, технологические ограничения и другие аспекты, нередко приводившие к необходимости начинать работу дизайнера с самого начала. Позднее, когда работа отдела дизайнера принималась, возникала проблема передачи наработок дизайнера конструктору. Каждое изменение внешнего вида изделия инициировало весь этот процесс заново.

В дополнение к вышеперечисленным в системе Unigraphics инструментам появился еще один — набор специальных модулей для решения задач промышленного дизайна. Он называется **Studio for Design** и содержит не меньше возможностей, чем специализированные программы.

Дизайнер располагает большим набором инструментов для создания и управления внешним видом поверхностей, позволяющим строить модели очень сложных форм. Построенные поверхности свободной формы можно легко растягивать, сжимать и перемещать одним движением ползунка в диалоговом окне. Инструменты визуализации позволяют подготовить наглядные презентации без изготовления дорогостоящих макетов. Дизайнер располагает инструментом наложения различных текстур и материалов, что дает требуемую реалистичность без необходимости моделирования сложных рельефов поверхности. Он

также может создавать специальные эффекты и вставлять растровые изображения. Для достижения необходимого результата можно менять источники света, цвет, тени, фоновое изображение. Дизайнер может динамически строить фото-изображения на одном или нескольких видах или даже на части вида модели. Для динамического анализа качества поверхности используется специальный инструмент, с помощью которого можно оценивать форму поверхности. Результаты такого анализа могут быть получены как в графической, так и в числовой форме.

Таким образом, **Studio for Design** - это возможность быстрого и точного отображения различных вариантов с сохранением свободы действий дизайнера. Это соединение промышленного дизайна и современных средств инженерного анализа в одном интегрированном пакете.

Разработанные модели передаются конструкторам для дальнейшей проработки и детализации. Дизайнер и конструктор работают в одной системе, и модель строится один раз. Изменения внешнего вида на любом этапе проектирования изделия ассоциативно передаются на все уровни применения модели. Такое решение исключает не только вопросы совместимости и потери данных, но и вопросы обучения инженеров-разработчиков множеству прикладных программ.

ПРОИЗВОДСТВО

Изготовление изделий со сложной геометрией внешних обводов требует соответствующего программного обеспечения для расчета управляющей программы для станка с **ЧПУ** (числовым программным управлением). В зависимости от сложности детали применяется токарная обработка, фрезерная обработка на станках с тремя либо пятью степенями свободы, электроэрозионная обработка проволокой. Система Unigraphics обладает всеми возможностями для формирования траекторий инструмента в соответствующих типах обработки.



САМ-модули системы Unigraphics действительно являются одними из лучших в мире. Генератор программ **ЧПУ** выполнен на основе хорошо себя зарекомендовавших процессов обработки. Он включает правила обработки, предназначенные для создания программ с минимальным участием инженера.

Концепция мастер-модели является базой, на которой строится распределение данных между модулем проектирования и остальными модулями Unigraphics, в том числе и модулями **САМ**. Полный набор операций, с помощью которых был смоделирован ваш объект, гарантирует, что любая спроектированная конструкция может быть изготовлена. Ассоциативная связь между исходной параметрической моделью и сформированной траекторией инструмента делает процесс обновления траектории быстрым и легким.

В модуле токарной обработки объединены все основные операции этого процесса. Он дает в руки технолога мощные функциональные возможности для черновой и чистовой обработки, проточки канавок, нарезания резьб и сверления на токарном станке. Автоматическое определение области обработки для черновых и чистовых операций позволит получить результат быстрее, особенно в случае последовательных операций. Большую информативность дает возможность анимации процесса обработки. На экран выводится трехмерная заготовка, и в процессе воспроизведения операции отображается сьем материала. Инструмент, используемый для всех типов токарной обработки, можно легко определить самостоятельно с помощью набора параметров либо взять из заранее сформированной на данном предприятии библиотеки инструмента.

Для фрезерной обработки рабочее место технолога (в зависимости от сложности решаемых задач) может оснащаться различным набором инструментов, имеющихся в различных модулях. Такой подход позволяет получить наиболее оптимальное решение по критерию «стоимость/эффективность» и дать в руки инженера программные возможности формирования таких траекторий инструмента, которые могут быть реализованы на станочном парке его предприятия.

На этапе предварительного удаления материала можно определить различные способы врезания в заготовку и стратегии обработки. При этом задается величина перекрытия диаметра фрезы на последующих проходах, величина заглабления по высоте при переходе на следующую площадку, величина зазора до вертикальных стенок, нижняя граница обработки. Генератор высокоскоростной обработки обеспечивает возможность кругового и спирального подхода к детали, спиральную траекторию шаблона обработки, замедление в углах, управление одновременной обработкой нескольких карманов, сплайн интерполяции выходной траектории.

На этапе черновой обработки можно создать необходимую траекторию на элементах самой сложной формы. Если обрабатываемая геометрия была создана в каких-то других системах, и обнаружилось множество перекрытий и разрывов между поверхностями, инструмент системы позволит либо скорректировать эти разрывы, либо обработать с заданной точностью. Таким образом, процесс черновой обработки практически полностью автоматизирован.

На этапе чистовой обработки инженеру предлагается большой набор средств получения траекторий инструмента как для 3-осевой, так и для 5-осевой обработки, когда обеспечивается полная свобода в пространственной ориентации оси фрезы. Система имеет интеллектуальные функции выбора области обработки; обеспечивается использование множества методов и шаблонов обработки, включая обработку по границам, по концентрическим окружностям, радиальную обработку, зигзагом вдоль заданной траектории, спиральную и произвольную обработку. Кроме того, имеются методы контроля режимов резания при перемещении инструмента вверх и вниз, а также по спирали. Можно определить и сохранить границы необработанных областей.

При пятикоординатной обработке предусмотрена возможность задания оси инструмента с использованием параметров поверхности, дополнительной геометрии, а также геометрии, задающей траекторию резания. Обработка поверхности детали обеспечивается с высоким качеством.

Огромную экономию времени при предварительной или окончательной обработке изделия позволяет получить специальная функция, которая анализирует всю геометрию детали и находит точки двойного контакта. Иначе говоря, автоматически определяются угловые сопряжения поверхностей. Процессор автоматически генерирует однократные или многократные проходы инструмента для удаления материала в этих областях.

Если инженеру требуется контролировать каждый шаг создания траектории инструмента, ему придет на помощь функция, позволяющая в интерактивном режиме создавать траекторию инструмента по частям, сохраняя полный контроль на каждом шаге. При этом есть возможность генерировать множество проходов по поверхности, определив полный припуск для обеих поверхностей.

Специальная функция позволяет наблюдать за инструментом во время его движения по обрабатываемой детали. Доступны три различных режима просмотра: воспроизведение, динамическое удаление материала и статическое удаление.

Полученную траекторию инструмента можно редактировать в графическом или текстовом режиме, после чего просмотреть изменения в обрабатывающей программе на всей траектории или только на выбранном участке, изменяя скорость изображения и направление движения. Имеются функции, позволяющие выполнять удлинение либо обрезку траектории до определенных границ (струбцина, зажимное приспособление или выемка на самой детали).

Для того чтобы программу можно было запустить на определенном станке, необходимо ее переписать в машинных кодах данного станка. В системе Unigraphics существует специальный модуль для определения постпроцессоров для любых управляющих стоек и станков с ЧПУ. Программа постпроцессора создается в виде исходного текста на языке TCL, что открывает широкие возможности по внесению в постпроцессор любых необходимых уникальных изменений.

Специальный модуль обеспечивает электроэрозионную обработку деталей проволокой в режиме двух и четырех осей, с использованием моделей в проволочной геометрии или твердом теле. Все операции сохраняют ассоциативность при редактировании и обновлении модели. Предлагаются различные виды операций, например, наружная и внутренняя обработка с множеством проходов и обработка с полным сжиганием материала. Также поддерживаются траектории, учитывающие расположение прижимов на заготовке, различные типы проволоки и режима работы генератора. Как и в случае фрезерных операций, впоследствии применяется инвариантный постпроцессор для подготовки данных для конкретного станка. Поддерживаются популярные электроэрозионные станки, включая AGIE, Charmilles и др.

Кратко опишем основные модули Unigraphics, решающие задачи управления оборудованием с числовым программным управлением.

UG/CAM Base

Модуль содержит базовые функции, которые используются в остальных модулях САМ, и позволяет создавать типовые операции для различных видов механической обработки. С помощью функции настройки можно создать персональное меню для типовой операции. Это сокращает время обучения и упрощает создание хорошо отработанных типовых операций. Настройка системы на типовые шаблоны имеет дополнительное преимущество при проектировании таких операций, как черновая и получистовая обработка, которая обычно выполняется при фиксированных значениях оптимально подобранных параметров.

TJG/Turning

Модуль токарной обработки **UG/Turning** включает основные операции токарной обработки: автоматическое формирование черновых проходов, чистовая обработка, проточка канавок, нарезание резьб и сверление на токарном станке. Автоматическое определение зон обработки для черновых и чистовых операций позволяет получить результат быстрее, особенно при выполнении последовательных операций. Модуль включает возможности имитации процесса съема материала и сравнения результата обработки с исходной математической моделью.

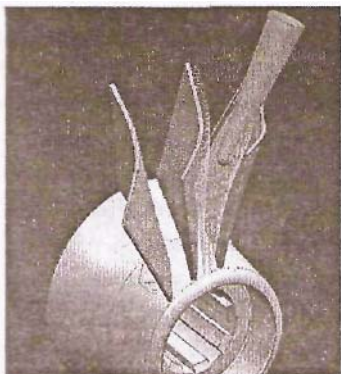
UG/Planar Milling

Модуль применяется при производстве пресс-форм и штампов и обеспечивает все возможности для плоского фрезерования. Этот тип операции в основном используется для предварительного удаления материала с целью подготовки детали к дальнейшей чистовой обработке с использованием операций фрезерования. Плоское фрезерование применяется для деталей имеющих вертикальные стенки, карманы.

UG/Aixed_Axis Milling

Модуль предоставляет полный набор средств получения траекторий для 3-осевой фрезерной обработки. Возможна обработка практически любых смоделированных тел или поверхностей. Модуль имеет интеллектуальные функции выбора области обработки, обеспечивает использование множества методов и шаблонов, включая обработку по границам, концентрическими окружностями, радиальные проходы, «зигзаг» вдоль заданной траектории, спиральную и произвольную обработку. Кроме того, имеются методы контроля режимов резания при перемещении инструмента вверх и вниз, а также по спирали. При формировании траектории инструмента определенной конфигурации границы необработанных областей определяются автоматически и сохраняются для последующей обработки другим инструментом.

UG/Variable_Axis Milling



Модуль имеет те же возможности по заданию шаблонов обработки, что и предыдущий, но, кроме этого, он обеспечивает полную свободу в пространственной ориентации оси инструмента, т.е. выполняет полную 5-осевую обработку. Предусмотрена возможность задания ориентации оси инструмента с использованием параметров обрабатываемой поверхности или дополнительной управляющей геометрии, задающей траекторию резания.

UG/Core & Cavity Milling

Правильнее было бы назвать это не модулем, а набором специально подобранных операций и стратегий, предназначенных в основном для фрезерной обработки формообразующих частей пресс-форм (матрицы, пуансоны, вставки и знаки) с использованием 3-осевой обработки.

UG/Sequential Milling

Модуль используется в ситуации, когда требуется контролировать положение и пространственную ориентацию инструмента на каждом шаге формирования траектории. Идеология **UG/Sequential Milling** во многом сходна с идеологией некогда популярной системы **APT** и позволяет пользователям в интерактивном режиме создавать траекторию движения инструмента по частям, сохраняя полный контроль на каждом шаге. Новая функция задания циклов дает возможность генерировать заданное количество проходов по поверхности, определив припуск как для обрабатываемой, так и для управляющей поверхности.

UG/Wire EDM

Модуль электроэрозионной обработки **UG/Wire EDM** автоматизирует получение управляющих программ для 2- и 4-осевой обработки деталей проволокой с использованием моделей **UNIGRAPHICS** в проволочной геометрии или твердотельном представлении. Все операции сохраняют ассоциативность при редактировании и обновлении модели. Предлагаются различные виды операций: наружная и внутренняя обработка с заданным количеством проходов и обработка с полным удалением (выжиганием) материала. При расчете траектории учитываются расположение прижимов на заготовке, различные типы проволоки и режимы работы электроискрового генератора. Пользователи могут применять инвариантный постпроцессор для подготовки данных для конкретного станка. Модуль **UG/Wire EDM** поддерживает различные электроэрозионные станки, включая **AGIE**, **Charmilles** и др.

UG/Flow Cut

Модуль позволяет получить большую экономию времени при предварительной или окончательной обработке изделий. При работе в сочетании с UG/Fixed_Axis Milling этот модуль анализирует всю геометрию детали и автоматически определяет зоны, в которых инструмент имеет точки двойного контакта. Процессор автоматически генерирует однократные или многократные проходы инструмента для удаления материала в этих областях. При работе со сложными пуансонами и матрицами этот модуль значительно уменьшает время создания программы ЧПУ. На жаргоне технологов этот вид обработки называют «карандашной».

UG/CAM Visualize

Модуль позволяет наблюдать за инструментом во время его движения по обрабатываемой детали. При генерации траектории инструмента часто бывает необходимо проконтролировать процесс удаления материала заготовки и величины отклонения окончательной обработки от математической модели. Также важно знать, что в процессе обработки инструмент не «зарезает» собственно деталь. Модуль CAM/Visualize предоставляет такую возможность, обеспечивая графическую обратную связь, и проверяет правильность сгенерированной траектории инструмента (или нескольких траекторий). Визуализация не учитывает кинематику станка. Модуль UG/CAM Visualize имеет три различных режима работы: воспроизведение, динамическое удаление материала и статическое удаление. Опция динамического удаления позволяет отобразить движение фрезы вдоль траектории с имитацией удаления материала. Опция статического удаления разработана для отображения результата обработки заготовки заданной траекторией за один шаг. В результате создается фасетная модель, отображающая форму детали после обработки заготовки. Модуль поддерживает все виды обработки: токарную обработку, 3- и 5-осевое фрезерование и электроэрозионную обработку.

UG/Graphical Tool Path Editor

Модуль используется для редактирования траектории обработки в интерактивном графическом режиме с автоматическим отображением изменений в обрабатываемой программе. Он показывает движение инструмента на всей траектории или на выбранном участке, позволяя контролировать скорость изображения и направление движения. Имеются функции, обеспечивающие растягивание траектории или ее обрезку до определенных границ (струбцина, зажимное приспособление или выемка на самой детали).

UG/Post Execute, UG/Post Builder

Получить траекторию пространственного перемещения инструмента - ровно половина дела, главное - сформировать управляющую программу в кодах, понятных конкретному станку, в которой учтены особенности кинематики станка, ограничения по перемещениям и т.д. Модуль Post Builder является интерактивной средой для создания постпроцессора для любого типа станка и любого известного типа управляющих стоек на базе инвариантного описания

постпроцессора, в котором учитываются все нюансы кинематики и управления современных станков с ЧПУ. Модуль используется для преобразования исходной программы обработки в формате CLSF в программу в кодах станка.

ЗАДАЧИ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

Часто в проектируемых сборках отдельные детали могут взаимно перемещаться, т.е. данная сборка является механизмом. Перед инженером сразу же встает задача анализа этого механизма. Необходимо точно знать, не мешают ли работе механизма окружающие детали, нет ли взаимопересечений деталей самого механизма, а также каковы значения сил, перемещений, скоростей и ускорений у различных деталей. Очень важно знать, как изменятся различные параметры работы механизма при изменении начальных условий или геометрии деталей механизма. В системе Unigraphics реализована возможность создания и анализа сложных механических систем с большими относительными перемещениями. Имеются средства статического, кинематического и динамического анализа механических систем.

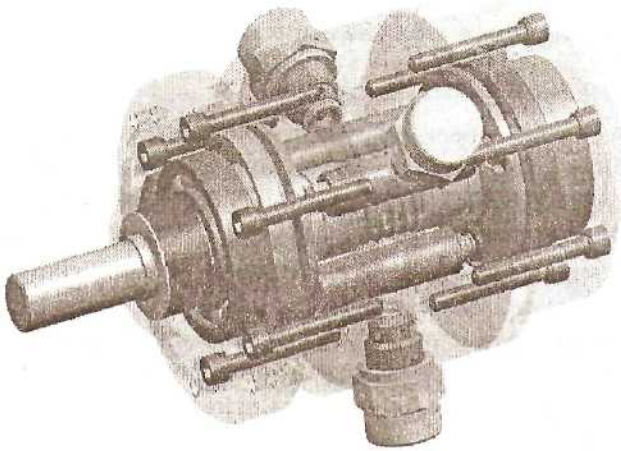
Определить механизм можно как на основе простого набора отдельных моделей в одной части (файле), так и на уровне сборки. Последний вариант более удобен, поскольку он позволяет преобразовать заданные сборочные ограничения (условия стыковки) в кинематические связи. Здесь еще раз реализуется один из основных принципов, положенных в основу работы в системе Unigraphics: единожды введенная информация используется в работе остальных модулей при решении самых разных задач.

Создание механизма включает следующие этапы:

- Определение звеньев механизма в виде набора любых геометрических элементов: твердых тел, поверхностей, кривых, точек.
- Задание кинематических связей между звеньями: вращение в плоскости, линейное перемещение, вращение и перемещение вдоль оси вращения, винтовая пара, ременная передача, кардан, сферический шарнир, двухосевое перемещение в плоскости, зубчатая рейка, зубчатая передача, движение точки по кривой и «обкатка» кривой по кривой.
- Определение пружин (вращательного и поступательного движения), демпфирующих элементов и элементов смешанного типа.
- Задание приложенных сил и крутящих моментов, а также различных случаев, являющихся результатом взаимодействия двух тел.
- Задание закона движения в виде стандартной линейной функции, гармонической функции, некоей функции движения общего вида.

По завершении выполнения этих этапов задается временной интервал, количество шагов и осуществляется имитация движения.

Имитация движения механизма позволяет непосредственно увидеть движение его частей. Однако очень часто этого бывает недостаточно. В распоряжении



инженера имеется инструмент постановки задач анализа пересечений, минимальных зазоров и трассировки двигающихся деталей. При этом можно поставить разные условия: остановить движение при соприкосновении или уменьшении зазора между деталями; создать тело в пересечении указанных звеньев; дать сообщение о нарушении данного условия и продолжить движение. Анализ работы механизма включает в себя также возможность определения и представления в табличном или графическом виде полей перемещений, скоростей и ускорений интересующих точек. Анализируются силы реакций, которые могут быть использованы для расчета на прочность данных деталей (см. ниже).

Для того чтобы добиться оптимального результата, т.е. требуемых показателей работы механизма, порой необходимо создать и рассчитать различные «сценарии» (иначе говоря, варианты) поведения изделия. В этом поможет навигатор дерева сценариев. Новый сценарий работы механизма может быть получен на основе существующего и его копированием с последующим внесением изменений. Такая функция исключает необходимость повторного определения механизма. Быстрый прямой выход на внесение изменений в геометрию деталей, определенных в качестве звеньев механизма, упрощает проверку различных вариантов размещения и работы механизма.

Для решения задач моделирования механических нагрузок, процессов теплопередачи и прочностного анализа проектируемой конструкции используется специальный инструмент, который (как и все предыдущие) также глубоко интегрирован и ассоциативно завязан с базой данных системы.

Для проведения исследований различных вариантов конструкции, которые могут отличаться друг от друга геометрическими размерами, наличием или отсутствием конструктивных элементов, применяемым материалом, условиями

нагружения, закреплением и пр., как и в случае работы с механическими системами, назначаются сценарии. Для исключения необходимости повторного определения некоторых данных новый сценарий можно получить на основе ранее созданного. При этом он автоматически наследует его данные.

В системе Unigraphics существуют специальные средства, позволяющие построить сетку конечных элементов на основе существующей геометрии. Поддерживаются такие элементы, как оболочки (треугольники и четырехугольники) для листовых изделий, тетраэдры для твердых тел, а также различные линейные элементы, включая балки, гибкие связи, пружины. Непосредственно на модели можно задавать местную и общую плотность сетки. Все выполненные построения ассоциативно связаны с моделью детали, а потому при изменении параметров детали меняются автоматически. Данные об узлах и элементах могут быть отображены различными способами.

По окончании построения модели конечных элементов происходит передача данных в указанное расчетное приложение. Собственный модуль расчета конечно-элементной модели системы Unigraphics предлагает широкий выбор методов расчета на: линейную статику, собственные колебания, потерю устойчивости, контактное взаимодействие, стационарные тепловые потоки. Поддерживаются изотропные, ортотропные и анизотропные модели материалов. Температурные изменения материала также могут быть учтены.

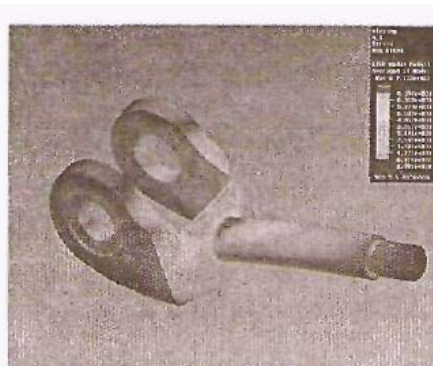
Результаты анализа напряженно-деформируемого состояния изделия представляются в интуитивно понятном цветном графическом виде, облегчающем их интерпретацию. Они могут быть показаны в виде мультипликации, а данные различных сценариев (случаев нагружения) можно сравнивать в одном и том же окне результатов.

Подход, основанный на назначении и анализе различных сценариев, позволяет манипулировать различными вариантами изделия еще на ранних стадиях проекта с целью поиска оптимального конструкторского решения.

Кратко опишем модули Unigraphics, решающие задачи инженерного анализа.

UG/Scenario for Structure

Модуль UG/Scenario for Structure - интегрированный и ассоциативный инструмент инженерного анализа, включающий препроцессор (создание конечно-элементной сетки) и постпроцессор (анализ результатов расчёт). Этот модуль используется для проведения исследований различных вариантов конструкции. Варианты могут отличаться друг от друга размерами, наличием или отсутствием конструктивных элементов, материалом и т.п. Например, нагрузки и условия



закрепления, заданные для самого первого варианта, могут автоматически наследоваться всеми вариантами, исключая необходимость их повторного определения. Модуль позволяет проанализировать различные варианты изделия на ранних стадиях проекта с использованием методов конечно-элементного анализа для поиска оптимального конструкторского решения.

UG/Strength Wizard

Модуль предназначен для расчета линейной статической прочности. Он является мастер-процессом и позволяет с помощью нескольких последовательных действий выполнить расчет на прочность методом конечных элементов. Конечно-элементная сетка создается автоматически. Модуль позволяет оформить результаты в виде web-страницы. На каждом шаге во время процесса анализа система дает пользователю краткую и понятную подсказку. Время, затрачиваемое на процесс анализа, сведено к минимуму благодаря использованию одного из самых быстрых решателей Structure PE.

UG/Structure PE

Модуль **UG/Structure PE** предназначен для расчета на прочность методом конечных элементов. Этот модуль специально разработан и оптимизирован для использования вместе с технологией «предсказуемого проектирования», которая применяется в модуле **UG/Scenario for Structure** (см. выше). Модуль включает препроцессор (создание конечно-элементной сетки) и постпроцессор (анализ результатов расчета). **UG/Structure PE** предлагает следующие решения: расчет на линейную статику, расчет собственных частот колебаний, расчет потери устойчивости. В модуле могут решаться контактные задачи и задачи с учетом влияния теплового воздействия. Поддерживаются следующие типы материалов: изотропные, ортотропные, анизотропные.

В результате развития программного обеспечения коренным образом изменился процесс проектирования, конструирования и изготовления изделий. Человек все больше передает компьютеру рутинную работу, освобождая свое время для творчества. Этапы создания новых изделий сегодня выглядят так: сначала разрабатывается трехмерная модель изделия. Затем проводится всесторонний анализ, вносятся изменения с целью получения наиболее оптимальной конструкции. После этого параллельно выпускается чертежная документация и разрабатываются технологические процессы изготовления деталей.