**Содержание**

1. Обзор САПР

2. Определение CAD, CAM и CAE

2.1 Автоматизированное проектирование (CAD)

2.2 Автоматизированное производство (CAM)

2.3 Автоматизированное конструирование (CAE)

Список используемой литературы

**1. Обзор САПР**

Современные предприятия не смогут выжить во всемирной конкуренции, если не будут выпускать новые продукты лучшего качества (quality, Q), более низкой стоимости (cost, С) и за меньшее время (delivery, D). Поэтому они стремятся использовать oгpoмные возможности памяти компьютеров, их высокое быстродействие и возможности удобного графического интерфейса для того, чтобы автоматизировать и связать друг с другом задачи проектирования и производства, которые раньше были весьма утомительными и совершенно не связанными друг с другом. Таким образом сокращается время и стоимость разработки и выпуска продукта. Для этой цели используются технологии автоматизированного проектирования (computer - aided design - CAD), автоматизированного производства (computer - aided mаnufасturing - САМ) и автоматизированной разработки или конструирования (соmрutеr аidеd engineering - СAЕ). Чтобы понять значение систем САD/СAМ/СAЕ, мы должны изучить различные задачи и операции, которые приходится решать и выполнять в процесс е разработки и производства продукта. Все эти задачи, взятые вместе, называются жизненным циклом продукта (product cycle). Пример жизненного цикла продукта, описанного Зейдом, с незначительными усовершенствованиями приведен на рис. 1.

Прямоугольники, нарисованные сплошными линиями, представляют два главных процесса, составляющих жизненный цикл продукта: процесс разработки и процесс производства. Процесс разработки начинается с запросов потребителей, которые обслуживаются отделом маркетинга, и заканчивается полным описанием продукта, обычно выполняемым в форме рисунка. Процесс производства начинается с технических требований и заканчивается поставкой готовых изделий.

Операции, относящиеся к процессу разработки, можно разделить на аналитические и синтетические. Как следует из рис. 1, первичные операции разработки, такие как определение необходимости разработки, формулирование технических требований, анализ осуществимости и сбор важной информации, а также концептуализация разработки, относятся к подпроцессу синтеза. Результатом подпроцесса синтеза является концептуальный проект предполагаемого продукта в форме эскиза или топологического чертежа, отражающего связи различных компонентов продукта. В этой части цикла делаются основные финансовые вложения, необходимые для реализации идеи продукта, а также определяется eгo функциональность. Большая часть информации, порождаемой и обрабатываемой в рамках подпроцесса синтеза, является качественной, а следовательно, Heудобной для компьютерной обработки.

**Рис. 1.** Жизненный цикл продукта

Готовый концептуальный проект анализируется и оптимизируется это уже под процесс анализа. Прежде всего, вырабатывается аналитическая модель, поскольку анализируется именно модель, а не сам проект. Несмотря на быстрый рост количества и качества компьютеров, используемых в конструировании, в обозримом будущем отказаться от использования абстракции аналитической модели мы не сможем. Аналитическая модель получается, если из проекта yдaлить маловажные детали, редуцировать размерности и учесть имеющуюся симметрию. Редукция размерностей, например, подразумевает замену тонкого листа из какого-либо материала на эквивалентную плоскость с атрибутом толщины или длинного и тонкого участка на линию с определенными параметрами, xapaктеризующими поперечное сечение. Симметричность геометрии тела и нагрузки, приложенной к нему, позволяет рассматривать в модели лишь часть этого тела.

Типичные примеры анализа: анализ напряжений, позволяющий проверить прочность конструкции, контроль столкновений, позволяющий обнаружить возможность столкновений движущихся частей, составляющих механизм, а также кинематический анализ, показывающий, что проектируемое устройство будет совершать ожидаемые движения. Качество результатов, которые могут быть получены в результате анализа, непосредственно связано с качеством выбранной аналитической модели, которым оно ограничивается.

После завершения проектирования и выбора оптимальных параметров начинается этап оценки проекта. Для этой цели могут изготавливаться прототипы.

В конструировании прототипов все большую популярность приобретает новая технология, названная быстрым прототипированием (rapid prototyping). Эта тexнология позволяет конструировать прототип снизу вверх, то есть непосредственно из проекта, поскольку фактически требует только лишь данных о поперечном сечении конструкции. Если оценка проекта на основании прототипа показывает, что проект не удовлетворяет требованиям, описанный выше процесс разработки повторяется снова. Если же результат оценки проекта оказывается удовлетворительным, начинается подготовка проектной документации. К ней относятся чертежи, отчеты и списки материалов. Чертежи обычно копируются, а копии передаются на производство.

Как видно по рис. 1, процесс производства начинается с планирования, которое выполняется на основании полученных на этапе проектирования чертежей, а заканчивается готовым продуктом. технологическая подготовка производства - это операция, устанавливающая список технологических процессов по изготовлению продукта и задающая их Параметры. Одновременно выбирается оборудование, на котором будут производиться технологические операции, такие как получение детали нужной формы из заготовки. В результате подготовки производства составляются план выпуска. Списки материалов и программы для оборудования. На этом же этапе обрабатываются прочие специфические требования, в частности рассматриваются конструкции зажимов и креплений. Подготовка занимает в процессе производства примерно такое же место, как подпроцесс синтеза в процессе проектирования, требуя значительного человеческого опыта и принятия качественных решений. Такая характеристика подразумевает сложность компьютеризации данного этапа. После завершения технологической подготовки начинается выпуск готового продукта и его проверка на соответствие требованиям. Детали, успешно проходящие контроль качества, собираются вместе, проходят тестирование функциональности, упаковываются, маркируются и отгружаются заказчикам.

Выше мы описали типичный жизненный цикл продукта. Посмотрим теперь, каким образом на этапах этого цикла могут быть применены технологии CAD, САМ и САЕ. Как уже говорилось, компьютеры не могут широко использоваться в подпроцессе синтеза, поскольку они не обладают способностью хорошо обрабатывать качественную информацию. Однако даже на этом этапе разработчик может, например, при помощи коммерческих баз данных успешно собирать важную для анализа осуществимости информацию, а также пользоваться данными из каталогов.

Непросто представить себе использование компьютера и в процессе концептуализации проекта, потому что компьютер пока еще не стал мощным средством для интеллектуального творчества. На этом этапе компьютер может сделать свой вклад, обеспечивая эффективность создания различных концептуальных проектов. Полезными могут оказаться средства параметрического и геометрического моделирования, а также макропрограммы в системах автоматизированной разработки чертежей (computer - аidеd drafting). Все это типичные примеры систем САО. Система геометрического моделирования (geometric modeling system) это трёхмерный эквивалент системы автоматизированной разработки чертежей, то есть программный пакет, работающий с трехмерными, а не с плоскими объектами.

В аналитической фазе проектирования ценность компьютеров проявляется по-настоящему. Программных пакетов для анализа напряжений, контроля столкновений и кинематического анализа существует столько, что приводить какие-либо названия смысла не имеет. Эти программные пакеты относятся к средствам автоматизированного конструирования (САЕ). Главная проблема, связанная с их использованием, заключается в необходимости формирования аналитической модели. Проблемы не существовало бы вовсе, если бы аналитическая модель автоматически выводилась из концептуального проекта. Однако, как уже отмечалось, аналитическая модель не идентична концептуальному проекту она выводится из него путем исключения несущественных деталей и редукции размерностей. Необходимый уровень абстракции зависит от типа анализа и желаемой точности решения. Следовательно, автоматизировать процесс абстрагирования достаточно сложно, поэтому аналитическую модель часто создают отдельно.

Обычно абстрактная модель проекта создается в системе разработки рабочих

чертежей или в системе геометрического моделирования, а иногда с помощью встроенных средств аналитического пакета. Аналитические пакеты обычно тpeбуют, чтобы исследуемая структура была представлена в виде объединения связанных сеток, разделяющих объект на отдельные участки, удобные для компьютерной обработки. Если аналитический пакет может генерировать сетку автоматически, человеку остается задать только границы абстрактного объекта. В противном случае сетка также создается пользователем либо в интерактивном режиме, либо автоматически, но в другой программе. Процесс создания сетки называется моделированием методом конечных элементов (finite element modeling). Моделирование этим методом включает в себя также задание граничных условий и внешних нагрузок.

Подпроцесс анализа может выполняться в цикле оптимизации проекта по каким-либо параметрам. Разработано множество алгоритмов поиска оптимальных решений, а на их основе построены коммерчески доступные программы. Процедура оптимизации может считаться компонентом системы автоматизированного проектирования, но более естественно рассматривать эту процедуру отдельно.

Фаза оценки проекта также выигрывает от использования компьютера. Если для оценки проекта нужен прототип, мы можем быстро сконструировать eгo по заданному проекту при помощи программных пакетов, генерирующих код для машины быстрого прототипирования. Такие пакеты считаются программами для автоматизированной подготовки производства (САМ). Разумеется, форма прототипа должна быть определена заранее в наборе входных данных. Данные, определяющие форму, получаются в результате геометрического моделирования.

Быстрое прототипирование - удобный способ конструирования прототипа, однако еще удобнее пользоваться виртуальным прототипом, который часто называется «цифровой копией (digital mосk - uр) и позволяет получить столь же полезные сведения.

Когда аналитические средства для работы с цифровыми копиями станут достаточно мощными, чтобы давать столь же точные результаты, что и эквивалентные эксперименты на реальных прототипах, цифровые копии начнут вытеснение обычных прототипов. Эта тенденция будет усиливаться по мере совершенствования технологий виртуальной реальности, позволяющих нам ощущать цифровую копию так же, как реальный прототип. Построение цифровой копии называется виртуальным прототипированием. Виртуальный прототип может быть создан и в специализированной программе геометрического моделирования.

Последняя фаза процесса разработки - подготовка проектной документации. На этом этапе чрезвычайно полезным оказывается использование систем подготовки рабочих чертежей. Способность подобных систем работать с файлами позволяет систематизировать хранение и обеспечить удобство поиска документов.

Компьютерные технологии используются и на стадии производства. Процесс производства включает в себя планирование выпуска, проектирование и приобретение новых инструментов, заказ материалов, программирование машин с ЧПУ, контроль качества и упаковку. Компьютерные системы, используемые в этих операциях, могут быть классифицированы как системы автоматизированного производства. Например, программа автоматизированной технологической подготовки (computer aided process planning - САРР) используется на этапе подготовки производства и относится к системам автоматизированного производства (САМ). Как отмечалось выше, подготовка производства с трудом поддается автоматизации, поэтому полностью автоматических систем технологической подготовки в настоящий момент не существует. Однако существует множество хороших программных пакетов, генерирующих код для станков с числовым программным управлением. Станки этого класса позволяют получить деталь нужной формы по данным, хранящимся в компьютере. Они аналогичны машинам для быстрого прототипирования.

К системам автоматизированного производства относят также программные пакеты, управляющие движением роботов при сборке компонентов и перемещении их между операциями, а также пакеты, позволяющие программировать координатно - измерительную машину (coordinate mеasuring machine - СММ), используемую для про верки продукта.

Итак, вы получили представление о том, каким образом компьютерные технологии используются в операциях, составляющих жизненный цикл продукта, и какие задачи решаются при помощи систем автоматизированного проектирования.

**2. Определение CAD, САМ и САЕ**

**2.1 Aвтоматизированное проектирование (computer** - **aided design** - **CAD)**

Представляет собой технологию, состоящую в использовании компьютерных систем для облегчения создания, изменения, анализа и оптимизации проектов. Таким образом, любая программа, работающая с компьютерной графикой, так же как и любое приложение, используемое в инженерных расчетах, относится к системам автоматизированного проектирования. Другими словами, множество средств CAD простирается от геометрических прогpaмм для работы с формами до специализированных приложений для анализа и оптимизации. Между этими крайностями умещаются программы для анализа допусков, расчета масс инерционных свойств, моделирования методом конечных элементов и визуализации результатов анализа. Самая основная функция CAD - определение геометрии конструкции (детали механизма, архитектурные элементы, электронные схемы, планы зданий и т.п.), поскольку геометрия определяет все последующие этапы жизненного цикла продукта. Для этой цели обычно используются системы разработки рабочих чертежей и геометрического моделирования. Вот почему эти системы обычно и считаются системами автоматизированного проектирования. Более того, геометрия, определенная в этих системах, может использоваться в качестве основы для дальнейших операций в системах САЕ и САМ. Это одно из наиболее значительных преимуществ CAD, позволяющее экономить время и сокращать количество ошибок, связанных с необходимостью определять геометрию конструкции с нуля каждый раз, когда она требуется в расчетах. Можно, следовательно, утверждать, что системы автоматизированной разработки рабочих чертежей и системы геометрического моделирования являются наиболее важными компонентами автоматизированного проектирования.

**2.2** **Автоматизированное производство (computer** - **aided manufacturing** - **САМ)** - это технология, состоящая в использовании компьютерных систем для планирования, управления и контроля операций производства через прямой или косвенный интерфейс с производственными ресурсами предприятия. Одним из наиболее зрелых подходов к автоматизации производства является числовое программное управление (ЧПУ, numerical control - NC). ЧПУ заключается в использовании запрограммированных команд для управления станком, который может шлифовать, резать, фрезеровать, штамповать, изгибать и иными способами превращать заготовки в готовые детали. В наше время компьютеры способны

генерировать большие программы для станков с ЧПУ на основании геометрических параметров изделий из базы данных САD и дополнительных сведений, предоставляемых оператором. Исследования в этой области концентрируются на сокращении необходимости вмешательства оператора.

Еще одна важная функция систем автоматизированного производства - программирование роботов, которые могут работать на гибких автоматизированных участках, выбирая и устанавливая инструменты и обрабатываемые детали на станках с ЧПУ. Роботы могут также выполнять свои собственные задачи, например, заниматься сваркой, сборкой и переносом оборудования и деталей по цеху.

Планирование процессов также постепенно автоматизируется. План процессов может определять последовательность операций по изготовлению устройства от начала и до конца на всем необходимом оборудовании. Хотя полностью автоматизированное планирование процессов, как уже отмечалось, практически невозможно, план обработки конкретной детали вполне может быть сформирован автоматически, если уже имеются планы обработки аналогичных деталей. Для этого была разработана технология группировки, позволяющая объединять поxoжие детали в семейства. Детали считаются подобными, если они имеют общие производственные особенности (гнезда, пазы, фаски, отверстия и т.д.). Для автоматического обнаружения схожести деталей необходимо, чтобы база данных CAD содержала сведения о таких особенностях. Эта задача осуществляется при помощи объектно-ориентированного моделирования или распознавания элементов.

Вдобавок, компьютер может использоваться для тoгo, чтобы выявлять необходимость заказа исходных материалов и покупных деталей, а также определять их количество исходя из графика производства. Называется такая деятельность планированием технических требований к материалу (material requirements planning - MRP). Компьютер может также использоваться для контроля состояния станков в цехе и отправки им соответствующих заданий.

**2.3 Автоматическое конструирование (computer** - **aided engineering - САЕ) -** это технология, состоящая в использовании компьютерных систем для анализа геометрии CAD, моделирования и изучения поведения продукта для усовершенствования и оптимизации eгo конструкции. Средства САЕ могут осуществлять множество различных вариантов анализа. Программы для кинематических pacчетов, например, способны определять траектории движения и скорости звеньев в механизмах. Программы динамического анализа с большими смещениями могут использоваться для определения нагрузок и смещений в сложных составных устройствах типа автомобилей. Прогpаммы верификации и анализа логики и синхронизации имитируют работу сложных электронных цепей.

относят также программные пакеты, управляющие движением роботов при сборке компонентов и перемещении их между операциями, а также пакеты, позволяющие программировать координатно - измерительную машину (coordinate mеasuring machine - СММ), используемую для про верки продукта.

Итак, вы получили представление о том, каким образом компьютерные технологии используются в операциях, составляющих жизненный цикл продукта, и какие задачи решаются при помощи систем автоматизированного проектирования.

**Список используемой литературы**

1) Кунву Ли. Основы САПР. ПИТЕР, 2004

2) Кондаков А.И. САПР технологических процессов и производств. ACADEMA, 2007