

САПР

Чтобы понять значение САПР, надо изучить различные задачи и операции, которые решаются и выполняются в процессе разработки и производства продукции. Все эти задачи, вместе взятые, называются жизненным циклом продукции (product life cycle). На рис. показаны этапы жизненного цикла изделий и системы их автоматизации (см. файл).



САПР

Достижение поставленных целей (надёжные, недорогие и удобные в эксплуатации изделия) невозможно без использования автоматизированных систем (АС), основанных на применении компьютеров и предназначенных для создания, переработки и использования информации о свойствах изделий и сопровождающих процессов.



САПР

Специфика задач, решаемых на различных этапах жизненного цикла изделий, обуславливает разнообразие применяемых АС.

Основные типы АС с их привязкой к тем или иным этапам жизненного цикла изделий:

CAE – *Computer Aided Engineering*
(автоматизированные расчёты и анализ);

CAD – *Computer Aided Design*
(автоматизированное проектирование);



САПР

CAM – *Computer Aided Manufacturing* (автоматизированная технологическая подготовка производства);

PDM – *Product Data Management* (управление проектными данными);

ERP – *Enterprise Resource Planning* (планирование и управление предприятием);

MRP-2 – *Manufacturing (Material) Requirement Planning* (планирование производства);



САПР

MES – *Manufacturing Execution System*

(производственная исполнительная система);

SCM – *Supply Chain Management* (управление цепочками поставок);

CRM – *Customer Relationship Management*

(управление взаимоотношениями с заказчиками);

SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*

(диспетчерское управление производственными процессами);



САПР

CNC – *Computer Numerical Control*
(компьютерное числовое управление);

S&SM – *Sales and Service Management*
(управление продажами и обслуживанием);

CPC – *Collaborative Product Commerce*
(совместный электронный бизнес).



САПР

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР разрабатываются системы управления проектными данными – системы PDM.

Они входят либо в состав модулей конкретной САПР, либо имеют самостоятельное значение и могут работать совместно с разными САПР.



САПР

АСТПП, составляющие основу системы САМ, выполняют

- синтез технологических процессов и программ для оборудования с ЧПУ,
- выбор технологического оборудования, инструмента, оснастки,
- расчёт норм времени ...

Модули систем САМ обычно входят в состав развитых САПР, и поэтому интегрированные САПР часто называют системами CAE/CAD/CAM/PDM.

САПР

Функции управления на пром. предприятиях выполняются АС на нескольких иерархических уровнях. Автоматизацию управления на верхних уровнях от корпорации до цеха осуществляют АСУП, классифицируемые как системы ERP или MRP-2.

Системы ERP выполняют функции, связанные с планированием производства, закупками, сбытом продукции, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством... Системы MRP-2 ориентированы на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством.

САПР

АСУТП контролируют и используют данные, характеризующие состояние технологического оборудования и протекание ТП. Именно их чаще всего называют системами промышленной автоматизации.

Для выполнения диспетчерских функций (сбора и обработки данных о состоянии оборудования и ТП) и разработки ПО для встроенного оборудования в состав АСУ ТП вводят систему SCADA.



САПР

Для непосредственного программного управления технологическим оборудованием используют системы CNC на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными), встроенных в технологическое оборудование.



САПР

На этапе эксплуатации применяются специализированные компьютерные системы, предназначенные для ремонта, контроля, диагностики эксплуатируемых систем. Обслуживающий персонал использует интерактивные учебные пособия и технические руководства, а также средства для дистанционного консультирования при поиске неисправностей, программы для автоматизированного заказа деталей взамен отказавших.



САПР

Следует отметить, что функции некоторых автоматизированных систем часто перекрываются. В частности, это относится к системам ERP и MRP-2. Управление маркетингом может быть поручено как системе ERP, так и системе CRM или S&SM.



САПР

На решение оперативных задач управления проектированием, производством и маркетингом ориентированы системы MES. Они близки по некоторым выполняемым функциям. К системам ERP, PDM, SCM, S&SM и отличаются от них именно оперативностью, принятием решений в реальном времени, причём большое значение придаётся оптимизации этих решений с учётом текущей информации о состоянии оборудования и процессов.



САПР

Чтобы достичь должного уровня взаимодействия промышленных АС, требуется создание единого информационного пространства не только на отдельных предприятиях, но и в рамках объединения предприятий (системы СРС или PLM – *Product Lifecycle Management*).



САПР

Единое информационное пространство обеспечивается благодаря унификации как формы, так и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах их жизненного цикла. Унификация формы достигается использованием стандартных форматов и языков представления информации в межпрограммных обменах и при документировании, т.е. применением так называемых *CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support)*.



Структура и разновидности САПР

САПР состоит из подсистем. Различают подсистемы проектирующие и обслуживающие. Проектирующие подсистемы непосредственно выполняют проектные процедуры. Примерами проектирующих подсистем могут служить подсистемы геометрического трёхмерного моделирования механических объектов, изготовления конструкторской документации, схемотехнического анализа, трассировки соединений в печатных платах.



Структура и разновидности САПР

Обслуживающие подсистемы обеспечивают функционирование проектирующих подсистем, их совокупность часто называют системной средой (или оболочкой) САПР. Типичными обслуживающими подсистемами являются подсистемы управления проектными данными, подсистемы разработки и сопровождения программного обеспечения *CASE (Computer Aided Software Engineering)*, обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР.



Структура и разновидности САПР

Структурирование САПР по различным аспектам обуславливает появление видов обеспечения САПР. Принято выделять 7 видов обеспечения САПР:

- техническое (ТО), включающее различные аппаратные средства (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое коммутационное оборудование, линии связи, измерительные средства);



Структура и разновидности САПР

- Математическое (МО), объединяющее математические методы, модели и алгоритмы для выполнения проектирования;
- Программное (ПО), представляющее компьютерные программы САПР;
- Информационное, состоящее из базы данных, СУБД, а также включающее другие данные, используемые при проектировании (совокупность используемых при проектировании данных называется информационным фондом САПР);

Структура и разновидности САПР

- Лингвистическое, выражаемое языками общения между проектировщиками и ЭВМ, языками программирования и языками обмена данными между техническими средствами САПР;
- Методическое, включающее различные методики проектирования;
- Организационное, представляемое штатными расписаниями, должностными инструкциями и документами, регламентирующими работу проектного предприятия.

Структура и разновидности САПР

Классификацию САПР осуществляют по ряду признаков, например, по:

- приложению,
- целевому назначению,
- масштабам(комплексности решаемых задач),
- характеру базовой подсистемы – ядра САПР.



Структура и разновидности САПР

По приложениям наиболее представительными являются следующие группы САПР:

1. САПР для применения в отраслях общего машиностроения. Их часто называют машиностроительными САПР или системами MCAD (Mechanical CAD).
2. САПР для радиоэлектроники: системы ECAD (Electronic CAD) или EDA (Electronic Design Automation).
3. САПР в области архитектуры и строительства.



Структура и разновидности САПР

Кроме того, известно большое число специализированных САПР или выделяемых в указанных группах, или представляющих самостоятельную ветвь в классификации. Примерами таких систем являются САПР больших интегральных схем (БИС), САПР летательных аппаратов, САПР электрических машин и т.п.



Структура и разновидности САПР

По целевому назначению различают САПР, обеспечивающие разные аспекты (страты) проектирования. Так, в составе МСАД появляются рассмотренные ранее САЕ/CAD/CFM- системы.

По масштабам различают отдельные программно-методические комплексы (ПМК) САПР, например, комплекс анализа прочности механических изделий в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ) или комплекс анализа электронных схем; системы ПМК.

Структура и разновидности САПР

По характеру базовой подсистемы различают следующие разновидности САПР:

1. САПР на базе подсистемы машинной графики и геометрического моделирования. Эти САПР ориентированы на приложения, где основной процедурой проектирования является конструирование. Т.е. определение пространственных форм и взаимного расположения объектов. К этой группе относятся большинство САПР в области машиностроения, построенных на базе графических ядер.

Структура и разновидности САПР

В настоящее время широко используются унифицированные графические ядра, применяемые в более чем в одной САПР (ядра Parasolid фирмы EDS Unigraphics и ACIS фирмы Integraph).

2. САПР на базе СУБД. Они ориентированы на приложения, в которых при сравнительно несложных математических расчётах прорабатывается большой объём данных. Такие САПР преимущественно встречаются в технико-экономических приложениях .

Структура и разновидности САПР

3. САПР на базе конкретного прикладного пакета. Фактически это автономно используемые ПМК, например, имитационного моделирования производственных процессов, расчёта прочности по МКЭ, синтеза и анализа систем автоматического управления... Часто такие САПР относятся к системам САЕ. Примером может математический пакет MathCAD.



Структура и разновидности САПР

4. Комплексные (интегрированные) САПР, состоящие из совокупности подсистем предыдущего вида. Характерными примерами комплексных САПР являются CAE/ CAD/ CAM-системы в машиностроении или САПР БИС.



Интеграция CAD- и CAM-систем

Наибольшего успеха САПР может достигнуть только в случае полной интеграции CAD и CAM.

Поэтому первоочередной задачей является полная автоматизация технологической подготовки производства, так как эта фаза связывает проектирование и производство. Именно подготовка производства стала основным препятствием на пути к интеграции CAD и CAM.



Интеграция CAD- и CAM-систем

Технологическая подготовка производства (*Computer Aided Process Planning - CAPP*) заключается в выборе технологических процессов и их параметров, а также оборудования для проведения этих процессов. Задача состоит в том, чтобы превратить заготовку в деталь, изображённую на техническом чертеже.

Технологическую подготовку можно определить также как составление подробных технологических инструкций для станка или сборщика агрегата изделий.

Интеграция CAD- и CAM-систем

На выходе этапа технологической подготовки получается план, описывающий последовательность технологических процессов или сборочных операций. План производства иногда называется операционной картой, маршрутной картой или сводкой планирования операций. См. стр 35-36 Гот.

Помимо выбора и упорядочения операций важную часть плана составляет выбор инструментов и крепежа. Выбор инструмента включает в себя также выбор станка, на котором этот инструмент будет установлен.

Интеграция САД- и САМ-систем

План производства детали или агрегата зависит от множества факторов. К ним относятся: геометрия детали, требуемая точность и качество поверхности, количество деталей и используемый материал.

Например, для изготовления очень гладкой поверхности может потребоваться шлифовка, тогда как более грубой поверхности достаточно токарной обработки (при той же самой геометрии детали).

Небольшое количество деталей можно изготовить на станке, а большие количества выгоднее штамповать на прессе.



Интеграция САД- и САМ-систем

Неавтоматизированный подход к подготовке производства

Типичная последовательность этапов планировки:

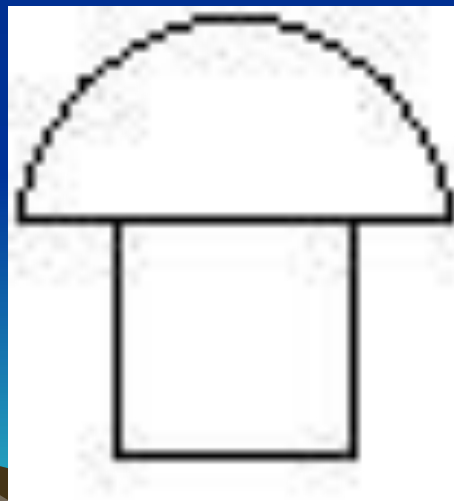
1. Изучение формы детали в целом. Технолог изучает инженерно-техническую документацию, определяет общую структуру детали и потенциальные трудности, которые могут возникнуть при её производстве.
2. Определение оптимальной формы заготовки, если она не задана в документации.



Интеграция САД- и САМ-систем

3. Определение базовых поверхностей и конфигураций. Инженер-технолог определяет минимальное количество конфигураций, необходимых для получения базовых поверхностей механической обработки. Затем он записывает операции для каждой конфигурации.

Как сделать «гриб»?



Интеграция CAD- и CAM-систем

4. Определение элементов детали. Инженер-технолог выделяет элементы детали, т.е. геометрические формы, которые должны быть вырезаны из заготовки, из которой будет сделана деталь. Форма элементов определяет форму инструментов и траекторию их перемещения при обработке заготовки.
5. Группировка элементов по конфигурациям.
6. Упорядочение операций.
7. Выбор инструментов для каждой операции.



Интеграция САД- и САМ-систем

8. Выбор или проектирование зажимов для каждой конфигурации.
9. Итоговая проверка плана.
10. Уточнение плана производства. Технолог добавляет в план подробности по изготовлению отдельных элементов, выбирает скорость подачи и обработки, оценивает затраты и время изготовления и т. д.
11. Подготовка документации. Готовый технологический план производства отдаётся главному технологу.

Интеграция САД- и САМ-систем

Автоматизированный подход к подготовке производства.

Модифицированный подход (variant approach) – это один из двух методов, используемых для разработки систем автоматизированной технологической подготовки. Другой подход называется генеративным (generative approach).



Интеграция САД- и САМ-систем

Модифицированный подход называется так потому, что он является модификацией неавтоматизированного подхода: технолог пользуется не только своей памятью, но и памятью компьютера. Другими словами, рабочий журнал технолога хранится в компьютерном файле.

Типичный технологический план производства подобной детали может автоматически извлекаться из такого файла после описания анализируемой детали в соответствии с определённой системой кодирования. Выбранный план редактируется в интерактивном режиме.

Интеграция САД- и САМ-систем

Генеративный подход состоит в том, что технологический план вырабатывается автоматически на основании технических требований к детали. В технические требования должны включаться подробные сведения о материале, особенностях обработки и предлагаемых методиках проверки, а также графическое изображение формы детали.



Интеграция САД- и САМ-систем

На первом этапе разработки плана производства новой детали при генеративном подходе технические требования вводятся в компьютер. В идеале они должны считываться непосредственно из базы данных САПР.

На втором этапе закодированные данные и текстовая информация преобразуются в подробный технологический план производства детали.

На сегодняшний день автоматизированный подход ограничивается отдельными классами деталей с небольшим набором элементов.

Средства моделирования в САПР

Моделирование используется для определения параметров проектируемых объектов ещё на этапе их создания и оценки. При этом оно позволяет определять статические и динамические параметры как объекта в целом, так и его отдельных модулей.

Моделирование можно разделить на аналитическое и физическое. К аналитическому относится математическое и имитационное моделирование, геометрическое, а также виртуальное моделирование.



Средства моделирования в САПР

Физическое моделирование реализует физическую модель проектируемого объекта.

Математическое моделирование (ММ) является основой основ проектирования механизмов и машин. Моделирование в процессе проектирования с внедрением САПР получило принципиально новые возможности: за меньшее время стало возможным сравнивать большее число вариантов конструкции.



Математическое моделирование

Полнота и адекватность мат. моделей определяют достоверность оценки выходных характеристик и параметров проектируемых машин и механизмов, а также возможность их оптимизации и прогнозирования с учётом вероятностной природы эксплуатационных нагрузок и происходящих процессов.



Математическое моделирование

Модель объекта проектирования в общем виде представляет уравнение функционирования механизма или машины:

$$\bar{y} = \bar{Y}(\bar{P}, \bar{X}),$$

где \bar{Y} - вектор выходных параметров объекта;

\bar{P} - вектор внешних и внутренних воздействий;

$\bar{X} = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ – вектор структурных и параметрических переменных объекта.



Математическое моделирование

По выходным параметрам объекта проектирования вычисляют вектор качества \bar{y} , который сравнивают с регламентированным значением $[\bar{y}]$:

$$\Delta\bar{y} = [\bar{y}] - \bar{y}.$$

Знак и величина составляющих вектора определяют качество и надёжность объекта.

Подробность и точность мат. модели должны находиться в соответствии с заданным качеством объекта.



Математическое моделирование

Излишняя подробность модели приводит к неоправданному увеличению машинного времени, недостаточная – к неправильному результату.

Весьма желательна проверка адекватности принятой модели.



Имитационное моделирование

Имитационное моделирование (ИМ) предполагает проведение численных экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение систем, с привлечением для этого ЭВМ.

Имитационная модель представляет собой машинный аналог сложной системы. ИМ применяется для проектирования сложных систем, особенно в тех случаях, когда реальный эксперимент слишком дорог или вообще невозможен.



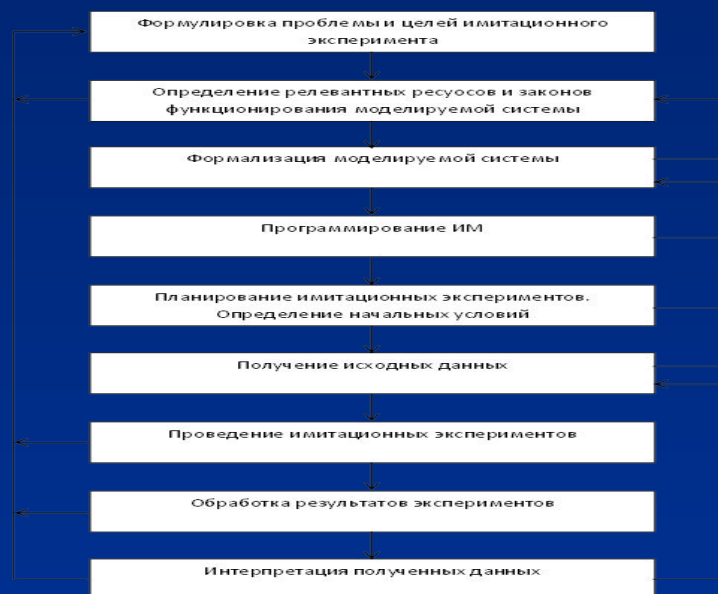
Имитационное моделирование

ИМ позволяет использование как точную количественную информацию, так и информацию, полученную от экспертов с учётом оценок, суждений и различных эвристик.

В этом состоит главное преимущество ИМ перед математическими моделями.



Этапы имитационного моделирования



См. Word-файл

Имитационное моделирование

Имитационную модель сложной системы (СС) можно использовать при решении задач в следующих случаях:

1. если не существует законченной постановки задачи исследования и идёт процесс познания объекта моделирования; имитационная модель служит средством изучения явления
2. если аналитические методы имеются, но математические процедуры столь сложны и трудоёмки, что ИМ даёт более простой способ решения задачи.

Имитационное моделирование

3. Когда кроме оценки влияния параметров СС желательно наблюдение за поведением компонентов СС в течение определённого периода
4. Если ИМ оказывается единственным способом исследования СС из-за невозможности наблюдения явлений в реальных условиях
5. Когда необходимо контролировать протекание процессов СС путём замедления или ускорения явлений в реальных условиях



Имитационное моделирование

6. При подготовке специалистов и освоении новой техники, когда на ИМ обеспечивается возможность приобретения необходимых навыков в эксплуатации новой техники
7. Когда изучаются новые ситуации в СС, о которых мало что известно; в этом случае имитация служит для предварительной проверки новых стратегий и правил принятия решений перед проведением экспериментов на реальной системе



Имитационное моделирование

8. Когда особое значение имеет последовательность событий в проектируемой СС и модель используется для предсказания «узких» мест в функционировании системы и других трудностей, появляющихся в поведении СС при введении в неё новых компонентов.



Имитационное моделирование

Недостатки ИМ:

1. разработка хорошей ИМ часто обходится дороже создания мат. модели и требует больших временных затрат
2. ИМ не может точно отражать реальную сложную систему (быть полностью адекватной сложной системе)

Основные этапы ИМ см. word-файл



Геометрическое моделирование

Системы геометрического моделирования

позволяют работать с формами в трёхмерном пространстве (в отличие от системы автоматизированной разработки чертежей в двухмерном пространстве).

Пример ГМ – ребёнок, лепящий из пластилина фигурку. Системы ГМ созданы для того, чтобы решить проблемы, связанные с использованием физических моделей в процессе проектирования. Они легко воспроизводятся в виде трёхмерного рисунка.



Геометрическое моделирование

Системы ГМ делятся на *каркасные, поверхностные, твёрдые и многообразные.*

Каркасное моделирование представляет форму тела в виде набора характеризующих её линий и конечных точек.

Поверхностное моделирование – математическое описание модели, включающее данные о поверхностях тел.



Геометрическое моделирование

Твёрдотельное моделирование предназначено для работы с объектами, состоящими из замкнутого объёма. Система линий и поверхностей должны образовывать замкнутый объём, т.е. объём тела полностью заполнен материалом.

Чем отличается от геометрического?



Физическое моделирование

Быстрое прототипирование и изготовление (БПИ) – это способ физического моделирования для получения физического прототипа конструкции, например, детали (физический объект). Широко используется на стадии анализа проекта (детали) по окончании концептуального проектирования.

В своей основе процессы быстрого прототипирования и изготовления состоят из трёх шагов:



Физическое моделирование

1. формирование поперечных сечений изготавливаемого объекта из полимерных материалов (или за счёт спекания твёрдых частиц и порошка лучом лазера);
2. послойное наложение этих сечений;
3. комбинация слоёв.

Поэтому для создания физ. объекта требуются только данные о его поперечных сечениях.



Физическое моделирование

Процессы БПИ являются безынструментальными – позволяют создавать физ. объект без использования инструментов (по сравнению, например, со станками с ЧПУ).

Данные о поперечных сечениях изделия можно получить, используя 3D-чертежи деталей, полученных методами геометрического (например, твёрдотельного) моделирования.



Физическое моделирование

Методы БПИ:

1. Стереолитография.
2. Отверждение на твёрдом основании.
3. Избирательное лазерное спекание.
4. Трёхмерная печать.
5. Ламинирование.
6. Моделирование методом наплавления.
7. Недорогие станки для БПИ (настольные, офисные станки).



4.4 Виртуальная инженерия

Высокая трудоёмкость построения дорогостоящих физических прототипов стимулировала создание новых методов разработки визуализации результатов компьютерного моделирования отдельных прототипов и целых производств.

Дело в том, что прогресс автоматизированной разработки привнёс новую парадигму в проектирование и анализ.



4.4 Виртуальная инженерия

Системы геометрического моделирования настолько продвинулись вперёд, что современные САД-системы способны обрабатывать модели деталей и агрегатов самой сложной геометрии и конструкции.

Агрегат можно отображать, оценивать и модифицировать как единое целое. а его движение имитировать так же, как это делается с физ. прототипом.



4.4 Виртуальная инженерия

Ещё одно достижение – это анализ по методу конечных элементов. Он мог бы стать средством виртуальной оценки надёжности и технических характеристик продукта, если бы его вычислительную эффективность можно было бы улучшить до такой степени, чтобы выводить результаты в реальном времени.

С его помощью можно было бы предсказывать механические свойства и характеристики (напряжения, вибрации...), как если бы они измерялись экспериментально.



4.4 Виртуальная инженерия

Производители САД-систем пытаются объединить геометрическое моделирование с методом конечных элементов (МКЭ). Такая интеграция обеспечила бы непрерывное течение цикла проектирования и анализа. МКЭ использовался бы изначально в процессе проектирования для принятия конструкторских решений, что позволило бы сэкономить время и затраты, связанные с проектированием.

Все эти тенденции привели к возникновению новой инж. дисциплины – *виртуальной инженерии*.

A stylized silhouette of a mountain range in shades of brown and tan, positioned at the bottom of the slide against a blue gradient background.

4.4 Виртуальная инженерия

Виртуальная инженерия – это имитационный метод, помогающий инженерам в принятии решений и управлении.

Виртуальная среда представляет собой вычислительную структуру, позволяющую точно имитировать геометрические и физические свойства реальных систем.

Виртуальная инженерия включает в себя имитацию различных видов инж. деятельности, таких как машинная обработка, сборка, управление производственными линиями, осмотр и оценка, проектирование.

4.4 Виртуальная инженерия

Таким образом, виртуальная инж. может охватывать весь цикл разработки и производства продукта.

После того, как смоделирована деталь, имитируется её машинная обработка и сборка.

Затем с помощью имитации собранный прототип тестируется, и в его конструкцию вносятся необходимые изменения.

Когда прототип одобрен, имитируется производственная система и её функционирование.



4.4 Виртуальная инженерия

Прогнозируется также себестоимость и график поставок. В результате этих имитаций получается оптимизированный конечный прототип и производственные процедуры, на основе которых потом реализуется физическая система.

Виртуальная инженерия даёт новый подход к инженерным задачам. Использование имитации устраняет необходимость в дорогостоящих физических прототипах и физ. экспериментах.



4.4 Виртуальная инженерия

Время разработки сокращается, появляется возможность проверить большое количество альтернативных вариантов конструкции, повышается качество конечного продукта.

Виртуальная инженерия обеспечивает интерфейс для клиента, позволяя ему заранее увидеть трёхмерную модель продукта и запросить конструктивные изменения.



4.4 Виртуальная инженерия

Можно будет построить прототип продукта, который недоступен, слишком опасен или дорог для того, чтобы создавать его в реальности. Такая возможность неоценима в автомобильной и авиационной промышленности.

Основными компонентами виртуальной инженерии являются: *виртуальное проектирование, цифровая имитация, виртуальное прототипирование и виртуальный завод.*



4.4 Виртуальная инженерия

Виртуальное проектирование выполняется в виртуальной среде с использованием технологий виртуальной реальности. Виртуальное проектирование сосредотачивается на альтернативном пользовательском интерфейсе для процесса проектирования. Используя технологии виртуальной реальности, конструкторы могут погрузиться в виртуальную среду, создавать компоненты, модифицировать их, управлять различными устройствами и взаимодействовать с виртуальными объектами.




4.4 Виртуальная инженерия

Конструкторы могут видеть стереоскопическое изображение виртуальных объектов и слышать пространственный реалистичный звук.

Эти изображения и звук возникают, когда рука конструктора движет виртуальной рукой и пальцем.

Прикосновение к виртуальному объекту ощущается конструктором в виде обратной связи. Тем самым замысел конструктора воплощается в проекте и проверяется функциональное поведение конструкции.



4.4 Виртуальная инженерия

Основная цель виртуального проектирования – позволить конструктору действовать интуитивным и естественным образом. В системах *геометрического моделирования* (в рамках САД-системы) взаимодействие конструктора с моделью не безгранично. Возможности обзора ограничиваются изображением, спроектированным на монитор, а возможности ввода информации от конструктора – точечными манипуляциями мышью.



4.4 Виртуальная инженерия

Таким образом, в рамках САД-технологии сегодняшнего дня конструктор является «одноглазым и однопалым». Более естественное взаимодействие, обеспечиваемое технологиями виртуальной реальности, дало бы конструктору большую свободу и позволило бы ему повысить креативность при создании модели.

Вторая цель виртуального проектирования – на ранних стадиях проектирования учесть точку зрения потенциального пользователя продукции.

4.4 Виртуальная инженерия

Третья цель – учесть при проектировании опыт экспертов в сборке или манипулировании деталями. Этот опыт сложен и трудно формализуем.

Виртуальное проектирование потребует совершенно нового подхода в моделировании трёхмерной геометрии. Например, меню и кнопки можно заменить технологией распознавания речи или жестов.



4.4 Виртуальная инженерия

Если конструктор захочет изменить размеры модели, то вместо того, чтобы указать на неё, конструктор сможет взять её в руки и растянуть.

Цифровая имитация используется для проверки процессов, так как машинные операции необходимо тщательно проверять, прежде чем начинать реальную работу.



4.4 Виртуальная инженерия

Используя цифровую имитацию, пользователь перед началом работы имеет возможность проверить траекторию перемещения инструмента станка с ЧПУ, щупа координатно-измерительной машины или руки робота.

Например, процессом машинной обработки можно управлять графически, как если бы это делалось на реальном станке: виртуальный станок с ЧПУ, читая стандартные инструкции, будет выполнять всю обработку в реальном времени, включая перемещение инструментов, принадлежностей, укладчиков и деталей.



4.4 Виртуальная инженерия

Непрерывный контроль за снятием материала позволяет пользователю выявлять ситуации, приводящие к вибрации и поломке инструмента, появлению выбоин и зарубок. С помощью имитации пользователь может также спрогнозировать столкновение между инструментом и приспособлением или деталью.



4.4 Виртуальная инженерия

Визуализация также помогает инженерам лучше понять систему. она позволяет легко уяснить идею конструкции и заранее проверить её эксплуатационные качества. В настоящее время для этой цели используется главным образом кинематическая имитация твёрдых тел. имитация моделей более высокого уровня – жидкостей, человеческих существ и сложных сред – требует моделирования физ. эффектов, включая эффекты динамики, вибрации, акустики и деформации.



4.4 Виртуальная инженерия

Однако сложные имитации с использованием виртуальных прототипов могут осуществить проверку рабочих характеристик системы быстрее и с меньшими затратами.

Виртуальным прототипированием называют построение прототипа агрегата из геометрических моделей его отдельных частей. Виртуальный прототип называют иногда цифровым макетом или предварительной цифровой сборкой.

