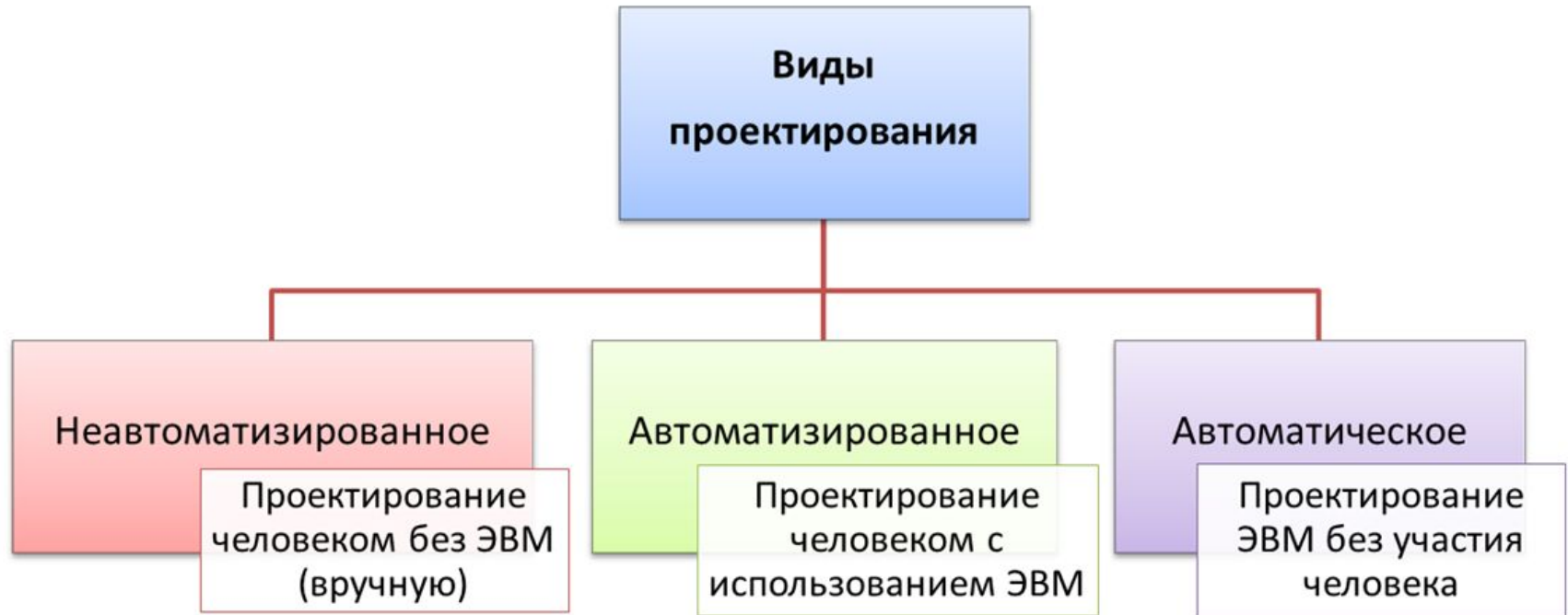


# Состав и структура САПР

1. Проектирование.
2. Понятие САПР. Цель создания.
3. Классификация САПР.
4. Жизненный цикл промышленных изделий.
5. Структура САПР.
6. Принципы построения САПР.

## Проектирование. Виды проектирования

**Проектирование** – это комплекс работ по исследованию, расчетам и конструированию нового изделия или нового процесса. В основе проектирования лежит первичное описание – техническое задание.



**Неавтоматизированное проектирование** - процесс проектирования, осуществляемый человеком вручную (без использования ЭВМ).

**Автоматизированное проектирование** - проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путем взаимодействия человека и ЭВМ.

**Автоматическое проектирование** - проектирование, при котором все преобразования описаний объекта и алгоритма его функционирования осуществляются без участия человека. Автоматическое проектирование возможно лишь в отдельных частных случаях для сравнительно несложных объектов.

Основная цель применения САПР – повышение эффективности труда инженеров, включая:

- сокращение трудоёмкости проектирования и планирования;
- сокращение сроков проектирования;
- сокращение себестоимости проектирования и изготовления, уменьшение затрат на эксплуатацию;
- повышение качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;
- сокращение затрат на натурное моделирование и испытания.

В рамках жизненного цикла промышленных изделий САПР решает задачи автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства.

Достижение этих целей обеспечивается путем:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации процесса принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования;
- повторного использования проектных решений, данных и наработок;
- стратегического проектирования;
- замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием;
- повышения качества управления проектированием;
- применения методов вариантного проектирования и оптимизации.

## Возможности САПР

Эффективность применения САПР обеспечивается следующими ее возможностями:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации процесса принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования (использование готовых фрагментов чертежей: конструктивных и геометрических элементов, унифицированных конструкций, стандартных изделий);
- повторного использования проектных решений, данных и наработок;
- стратегического проектирования;
- замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием;
- повышения качества управления проектированием;
- применения методов вариантного проектирования и оптимизации.

*САПР* — система, объединяющая технические средства, математическое и программное обеспечение, параметры и характеристики которых выбирают с максимальным учетом особенностей задач инженерного проектирования и конструирования.

В САПР обеспечивается удобство использования программ за счет применения средств оперативной связи инженера с ЭВМ, специальных проблемно-ориентированных языков и наличия информационно-справочной базы.

## *Классификация САПР*

- по приложению,
- целевому назначению,
- масштабам (комплексности решаемых задач),
- характеру базовой подсистемы

По *приложениям* наиболее представительными и широко используемыми являются следующие группы САПР:

- САПР для применения в отраслях общего машиностроения. Их часто называют машиностроительными САПР или MCAD (Mechanical CAD) системами;
- САПР для радиоэлектроники. Их названия — ECAD (Electronic CAD) или EDA (Electronic Design Automation) системы.
- САПР в области архитектуры и строительства;

Кроме того, известно большое число более 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.

По *целевому назначению* различают САПР или подсистемы САПР, обеспечивающие разные аспекты проектирования.

Так, в составе МСАД появляются САЕ/САД/САМ системы:

- САПР функционального проектирования, иначе САПР-Ф или САЕ (Computer Aided Engineering) системы.
- *Конструкторские* САПР общего машиностроения — САПР-К, часто называемые просто САД системами;
- *Технологические* САПР общего машиностроения — САПР-Т, иначе называемые автоматизированными системами технологической подготовки производства АСТПП или системами САМ (Computer Aided Manufacturing).

По *масштабу* различают отдельные программно-методические комплексы (ПМК) САПР, например,

- комплекс анализа прочности механических изделий в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ);
- комплекс анализа электронных схем;
- системы ПМК;
- системы с уникальными архитектурами не только программного (software), но и технического (hardware) обеспечений.



По характеру базовой подсистемы различают следующие разновидности САПР:

- САПР на базе машинной графики и математического моделирования.  
Эти САПР ориентированы на приложения, где основной процедурой проектирования является конструирование, т.е. определение пространственных форм и взаимного расположения объектов. Поэтому к этой группе систем относится большинство графических ядер САПР в области машиностроения.
- САПР на базе СУБД. Они ориентированы на приложения, в которых при сравнительно несложных математических расчетах перерабатывается большой объем данных. Такие САПР преимущественно встречаются в технико-экономических приложениях, например, при проектировании бизнес-планов, но имеют место также при проектировании объектов, подобных щитам управления в системах автоматики.
- САПР на базе конкретного прикладного пакета. Фактически это автономно используемые программно-методические комплексы, например, имитационного моделирования производственных процессов, расчета прочности по методу конечных элементов, синтеза и анализа систем автоматического управления и т.п. Часто такие САПР относятся к системам САЕ. Примерами могут служить программы логического проектирования на базе языка VHDL, математические пакеты типа MathCAD.

# Состав и структура САПР

## Виды подсистем по назначению:

### Проектирующие (функциональные)

- Реализуют определенный этап (стадию) проектирования или группу непосредственно связанных проектных задач. Выполняют проектные процедуры используя все средства обслуживающих подсистем.

### Обслуживающие

- Имеют общесистемное применение и обеспечивают поддержку функционирования проектирующих подсистем, оформление, передачу и выдачу полученных результатов. Объектно-независимые подсистемы, реализующие функции, общие для подсистем или САПР

## Примеры проектирующих подсистем:

- подсистема эскизного проектирования;
- подсистема проектирования корпусных деталей;
- подсистема проектирования технологических процессов механической обработки;
- подсистема проектирования сборочных единиц;
- подсистема проектирования деталей;
- подсистема проектирования схемы управления;
- геометрического трехмерного моделирования механических объектов;
- подсистема технологического проектирования.

## Примеры обслуживающих подсистем:

- автоматизированный банк данных;
- подсистема документирования;
- подсистема графического ввода/вывода;
- подсистемы управления проектными данными;
- обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР.

# Состав и структура САПР: проектирующие подсистемы

## Виды проектирующих подсистем по функциональному значению:

### ФП1

- поиск аналогов (проводится поиск в БД конструкторской документации известных проектных решений, аналогов изделия (проекта));

### ФП2

- инженерный синтез (при необходимости проводится создание новой конструкции изделия);

### ФП3

- инженерный анализ (проводится анализ разработки на соответствие заданным требованиям);

### ФП4

- формирование и ведение проектной документации.

## Виды проектирующих подсистем по отношению к объекту проектирования:

### Объектные (объектно-ориентированные)

- выполняют одну или несколько проектных процедур или операций, непосредственно зависящих от конкретного объекта проектирования.

### Инвариантные (объектно-независимые)

- выполняют унифицированные проектные процедуры и операции, имеющие смысл для многих типов объектов проектирования.

## Состав и структура САПР: виды обеспечения

Подсистемы состоят из **компонентов** (наименьших неделимых элементов, выполняющих определённую функцию), обеспечивающих функционирование подсистемы. Совокупность однотипных компонентов образует **средство обеспечения САПР**.

### Виды обеспечения САПР:

Программное

- Совокупность всех программ и эксплуатационной документации.

Информационное

- Данные, используемые проектировщиками непосредственно для выработки проектных решений в процессе проектирования.

Методическое

- Документы, регламентирующие порядок эксплуатации, описание технологии функционирования САПР, технологических приемов.

Математическое

- Математические методы, модели объектов и процессов проектирования, алгоритмы решения задач проектирования.

Лингвистическое

- Языки проектирования, представляющие объекты, процессы, средства проектирования и диалог проектировщик-компьютер.

Техническое

- Совокупность связанных и взаимодействующих технических средств, обеспечивающих процесс проектирования.

Организационное

- Совокупность документов, определяющих состав проектной организации, связь между подразделениями, деятельность САПР.

1. *Техническое (ТО)*, включающее различные аппаратные средства (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое коммутационное оборудование, линии связи, измерительные средства), используемые в САПР для переработки, хранения, передачи информации, организации общения человека с ЭВМ, изготовление проектной документации.

Основу технического обеспечения составляют ЭВМ, разные виды периферийного оборудования – внешние запоминающие устройства, устройства ввода-вывода информации.

2. *Математическое (МО)*, объединяющее математические методы, модели и алгоритмы для выполнения проектирования.

Математическое обеспечение реализуется в программном обеспечении САПР.

### 3. *Программное (ПО)*, представляемое компьютерными программами САПР.

Программное обеспечение подразделяют на

- *общесистемное*
- *специальное.*

Операционные системы относятся к первому виду ПО, а, скажем, программное обеспечение для прогнозирования погоды в Екатеринбурге – к очень специальному.

Разработка программно обеспечения (ПО) является наиболее длительной и дорогостоящей частью проектирования САПР. От свойств ПО в значительной степени зависят возможности и показатели эффективности САПР. Поэтому к ПО САПР предъявляются требования экономичности, удобства использования, надежности, правильности, открытости, сопровождаемости и мобильности.

4. *Информационное (ИО)* состоит из базы данных, систем управления базами данных (СУБД), а также другие данные, используемые при проектировании.

Вся совокупность используемых при проектировании данных называется информационным фондом САПР, а БД вместе с СУБД носит название банка данных (БнД).

Информационное обеспечение представляет собой совокупность данных, размещенных на различных носителях информации, которые используются для проектирования. Это могут быть различные справочники, таблицы, промежуточные проектные решения, параметры проектируемого изделия и т.п., в общем, все, что угодно.

В информационный фонд входят данные о комплектующих деталях, узлах, материалах, технической оснастке и выполняемых проектах, сведения их ГОСТов и нормалей, описания типовых проектных процедур и др.

Система управления информационным фондом организует хранение и доступ информации. Значительная часть информационного фонда предназначена для многократного использования различными лицами из коллектива проектировщиков и различными прикладными программами в маршрутах проектирования.

**5. Лингвистическое (ЛО)**, выражаемое языками общения между проектировщиками и ЭВМ, языками программирования и языками обмена данными между техническими средствами САПР;

Основу лингвистического обеспечения САПР составляют, так называемые, *проблемно-ориентированные* языки, предназначенные для описания процедур автоматизированного проектирования.

Собственно говоря, это не языки, а комплексы программных средств, в качестве входных данных использующие языковые конструкции.

Языки САПР делятся на языки *программирования* и *проектирования*.

Языки *программирования* используются для написания программ и применяются главным образом разработчиками САПР.

Языки *проектирования* служат для описания информации об объектах и задачах проектирования и являются средством общения пользователя и ЭВМ.

Особую группу составляют языки описания информации для программно-управляемого оборудования (для фотонаборных установок, графопостроителей, металлообрабатывающих станков с ЧПУ и т.п.), называемые *языками управления*.



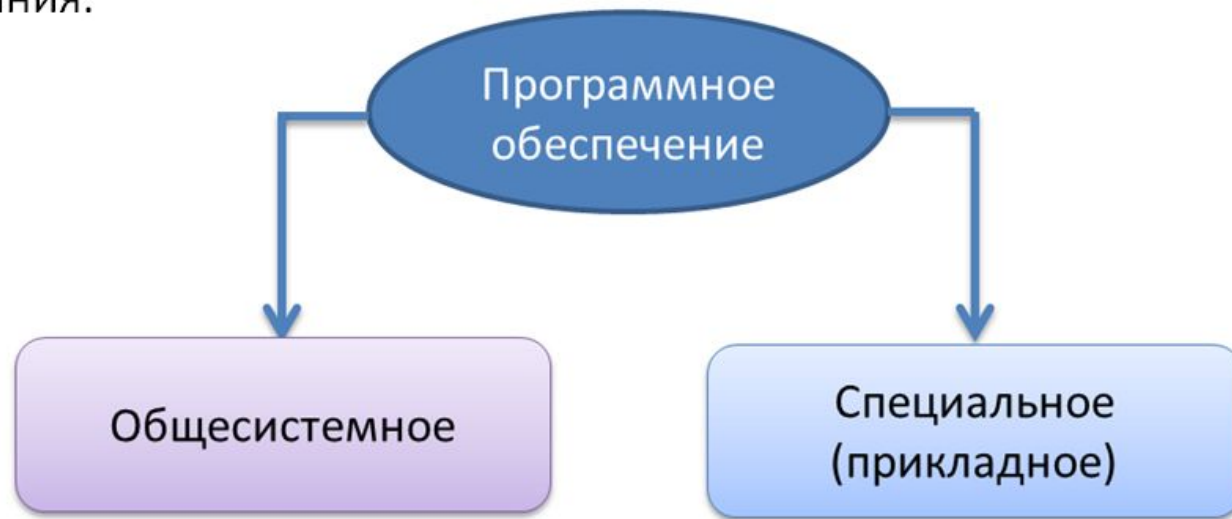
6. *Методическое (МетО)*, включающее различные методики проектирования, иногда к МетО относят также математическое обеспечение;

*методическое* – документы, в которых отражены состав, правила отбора и средств эксплуатации автоматизированного проектирования.

7. *Организационное (ОО)*, представляемое штатными расписаниями, должностными инструкциями и другими документами, регламентирующими работу проектного предприятия.

## Виды обеспечения САПР: программное обеспечение

**Программное обеспечение** – совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования.



Предназначено для организации функционирования технических средств, т. е. для планирования и управления вычислительным процессом, распределения имеющихся ресурсов (операционные системы).

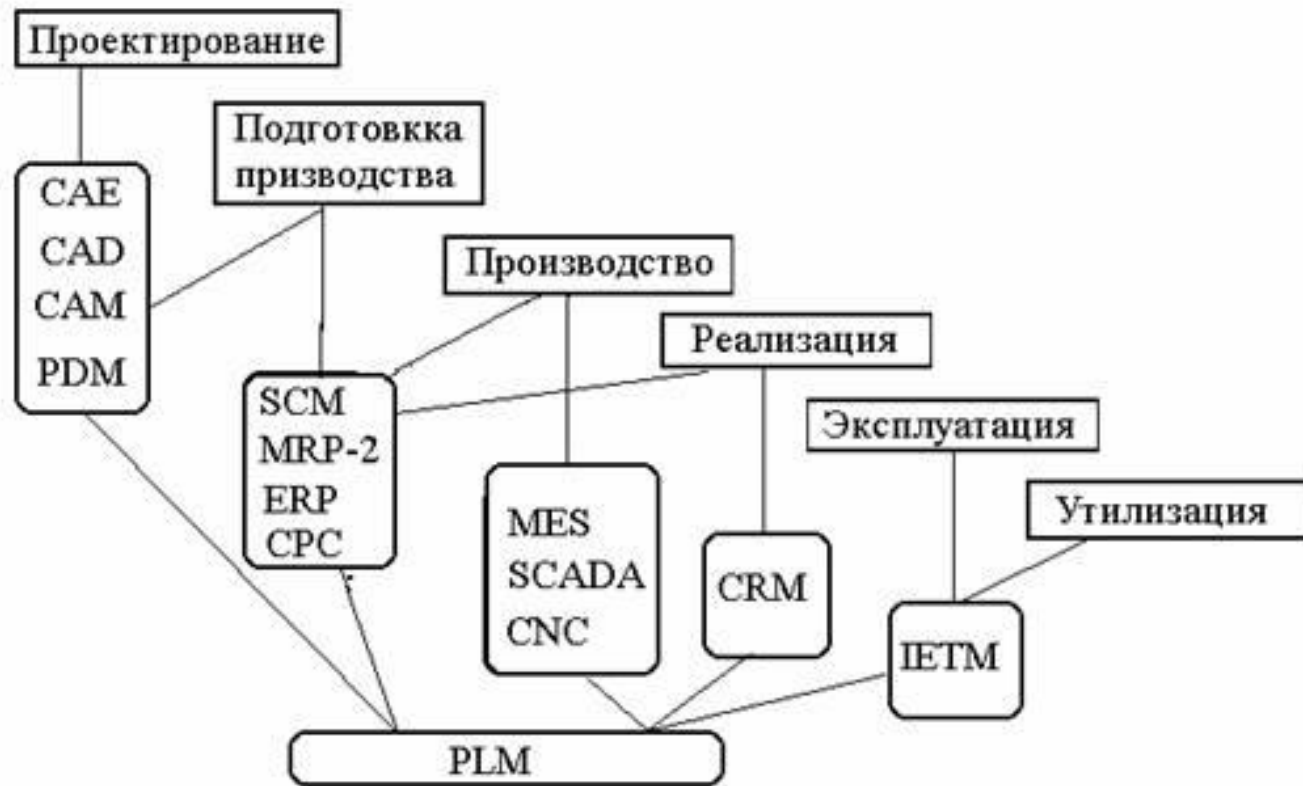
Реализует математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур. Включает пакеты прикладных программ, предназначенные для обслуживания определенных этапов проектирования или решения групп однотипных задач внутри различных этапов (модуль проектирования трубопроводов, пакет схмотехнического моделирования, геометрический решатель САПР)

# Классификация САПР ГОСТ 23501.108-85



Жизненный цикл промышленных изделий включает ряд этапов, начиная от зарождения идеи нового продукта до его утилизации по окончании срока использования. К ним относятся этапы проектирования, технологической подготовки производства (ТПП), собственно производства, реализации продукции, эксплуатации и, наконец, утилизации.

На рис. указаны основные типы АС с их привязкой к тем или иным этапам жизненного цикла изделий.



Основные этапы жизненного цикла промышленной продукции

В САПР машиностроительных отраслей промышленности принято выделять системы:

- функционального,
- конструкторского
- технологического проектирования.

Первые из них называют *системами расчетов и инженерного анализа* или системами *CAE (Computer Aided Engineering)*.

*Системы конструкторского проектирования* называют системами *CAD (Computer Aided Design)*.

Проектирование технологических процессов составляет часть технологической подготовки производства и выполняется в системах *CAM (Computer Aided Manufacturing)*.

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного назначения, координации работы систем CAE/CAD/CAM, управления проектными данными и проектированием разрабатываются системы, получившие название систем управления проектными данными PDM (*Product Data Management*).

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

На большинстве этапов жизненного цикла, начиная с определения предприятий-поставщиков исходных материалов и компонентов и кончая реализацией продукции, требуются услуги системы управления цепочками поставок - *Supply Chain Management (SCM)*.

Цепь поставок обычно определяют как совокупность стадий увеличения добавленной стоимости продукции при ее движении от компаний-поставщиков к компаниям-потребителям. Управление цепью поставок подразумевает продвижение материального потока с минимальными издержками.

Координация работы многих предприятий-партнеров с использованием технологий Intrenet возлагается на системы, называемые системами управления данными в интегрированном информационном пространстве *CPC (Collaborative Product Commerce)*

Информационная поддержка этапа производства продукции осуществляется *автоматизированными системами управления предприятием (АСУП)* и *автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУТП)*.

К АСУП относятся:

- системы планирования и управления предприятием *ERP (Enterprise Resource Planning)*,
- планирования производства и требований к материалам *MRP-2 (Manufacturing Requirement Planning)*
- системы *SCM*.

Наиболее развитые системы ERP выполняют различные бизнес-функции, связанные с планированием производства, закупками, сбытом продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учетом основных фондов и т.п.

Системы MRP-2 ориентированы, главным образом, на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством. В некоторых случаях системы SCM и MRP-2 входят как подсистемы в ERP, в последнее время их чаще рассматривают как самостоятельные системы.

Промежуточное положение между АСУП и АСУТП занимает производственная исполнительная система *MES (Manufacturing Execution Systems)*, предназначенная для решения оперативных задач управления проектированием, производством и маркетингом.

В состав АСУТП входит система *SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)*, выполняющая диспетчерские функции (сбор и обработка данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и помогающая разрабатывать ПО для встроенного оборудования.

Для непосредственного программного управления технологическим оборудованием используют системы *CNC (Computer Numerical Control)* на базе контроллеров (специализированных компьютеров, называемых промышленными), которые встроены в технологическое оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ).



На этапе реализации продукции выполняются функции управления отношениями с заказчиками и покупателями, проводится анализ рыночной ситуации, определяются перспективы спроса на планируемые изделия. Эти функции возложены на систему CRM.

Функции обучения обслуживающего персонала возложены на интерактивные электронные руководства IETM (Interactive Electronic Technical Manuals), с их помощью выполняются диагностические операции, поиск отказавших компонентов, заказ дополнительных запасных деталей и некоторые другие операции на этапе эксплуатации систем.

Управление данными в информационном пространстве, едином для различных автоматизированных систем, возлагается на систему управления жизненным циклом продукции, реализующую технологии *PLM (Product Lifecycle Management)*.

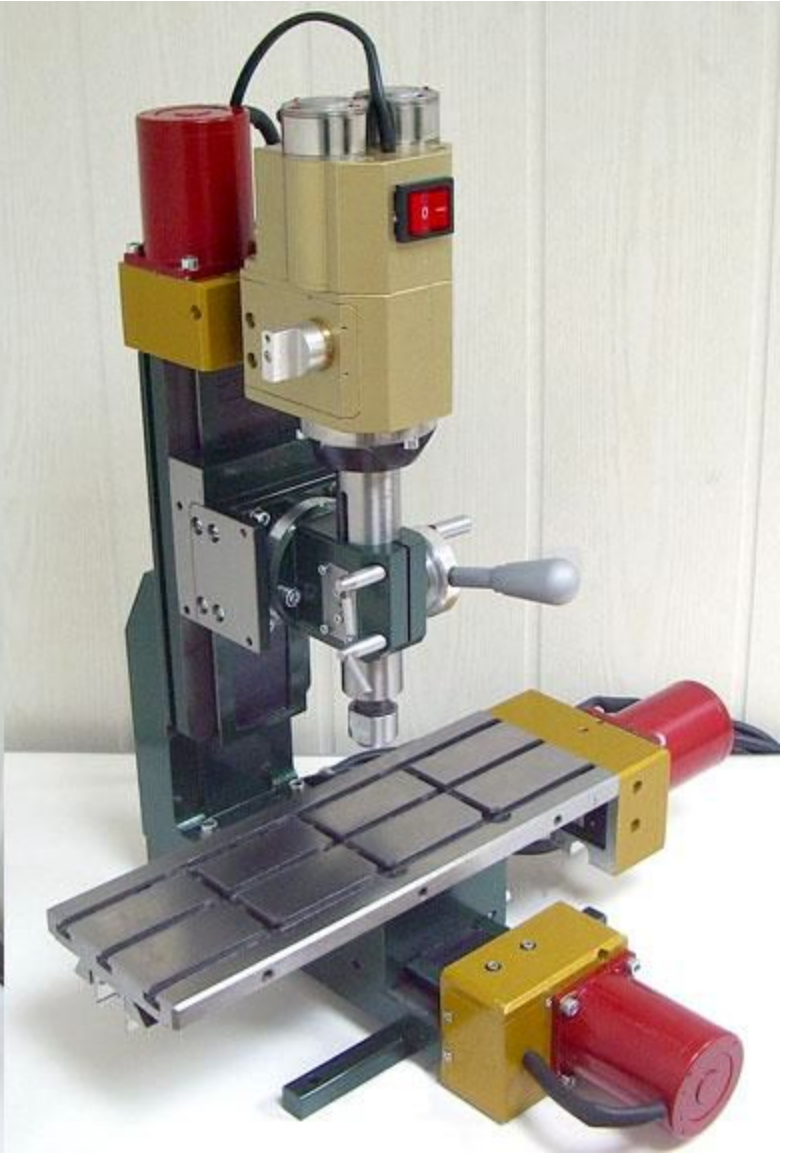
Технологии PLM объединяют методики и средства информационной поддержки изделий на протяжении всех этапов жизненного цикла изделий.

Характерная особенность PLM - обеспечение взаимодействия как средств автоматизации разных производителей, так и различных автоматизированных систем многих предприятий, т.е. технологии PLM (включая технологии CPC) являются основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют САПР, ERP, PDM, SCM, CRM и другие автоматизированные системы многих предприятий.

# Принципы построения САПР

Современные САПР создаются в соответствии со следующими принципами:

- Комплексная автоматизация всех уровней проектирования позволяет внести такие изменения в структуру проектных предприятий, формы документов, которые соответствуют целям автоматизации - сокращению материальных и временных затрат, повышению качества проектирования, сохранению численности инженерно-технических работников на прежнем уровне, несмотря на усложнение проектируемых объектов.
- Информационная согласованность подсистем и программ проектирования имеет место при следующих условиях: программы созданы для работы с одной и той же базой данных и не требуют ручной перекомпоновки числовых массивов, являющихся входными для одной и выходными для другой из сопрягаемых программ.
- Открытость САПР. Свойство открытости системы означает возможность внесения изменений в систему во время ее эксплуатации. Изменения могут заключаться в добавлении новых или замене старых элементов в программном, информационном, а возможно, также в техническом и лингвистическом обеспечении. Свойство открытости приводит к увеличению срока службы системы, повышает ее универсальность.
- Совместимость традиционного и автоматизированного проектирования. Этот принцип имеет значение в тех случаях, когда автоматизированное проектирование внедряется на уже действующем предприятии со сложившейся структурой, взаимоотношениями подразделений, формами и способами использования проектной документации. Именно в этих условиях целесообразен эволюционный путь внедрения САПР, при котором изменения, диктуемые особенностями автоматизированного проектирования, не будут нарушать на длительный срок нормального функционирования предприятия



Малогобаритный широкоуниверсальный станок **МШ-2.2.** предназначен для обработки черных, цветных металлов, их сплавов, пластмассы, древесины.

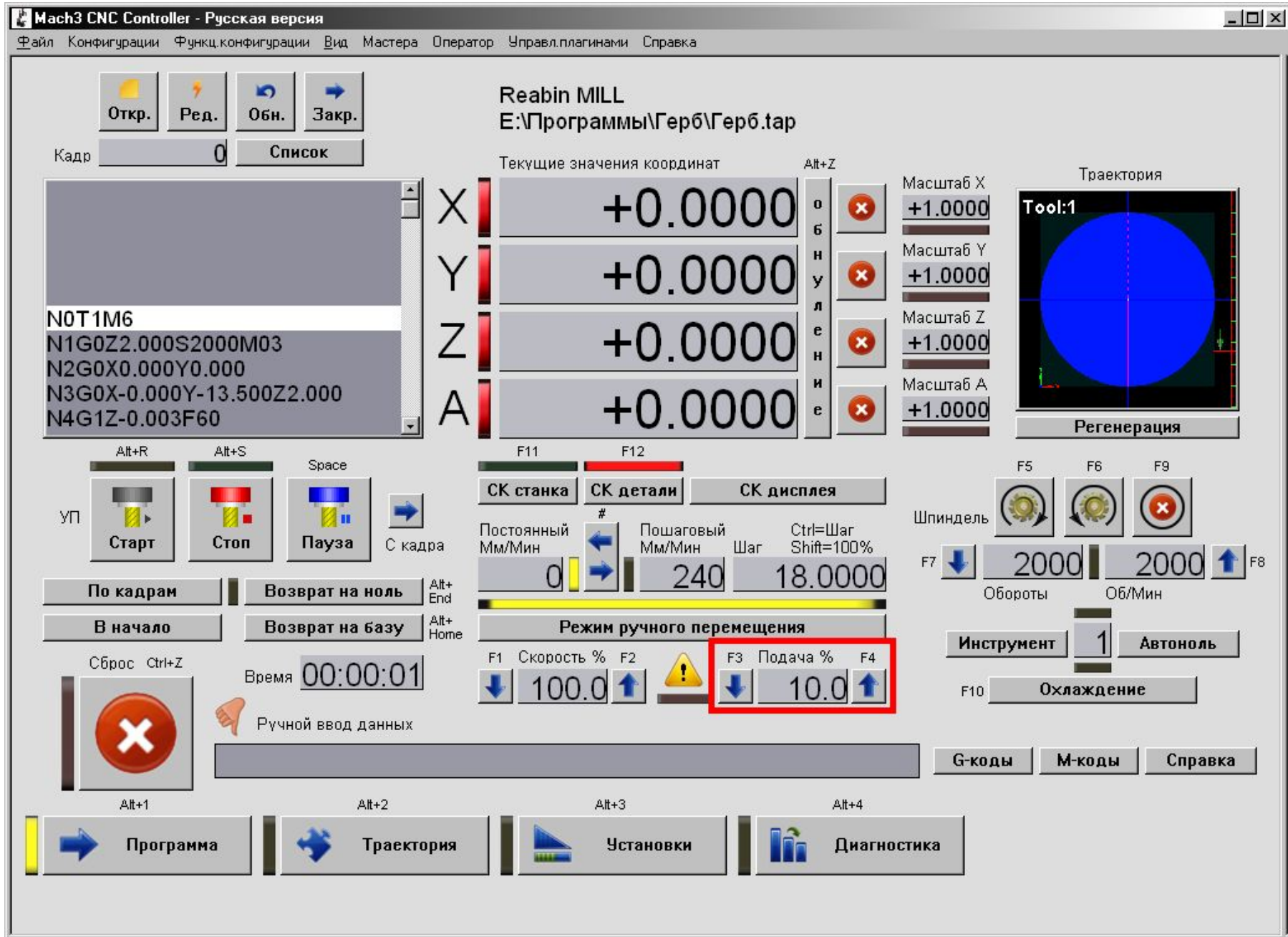
Обработка может производиться как в ручном режиме (с помощью клавиатуры), так и по программе.

Станок предназначен для эксплуатации в исследовательских и учебных лабораториях, в экспериментальных производственных участках, небольшом цехе, а также в домашних условиях для изготовления моделей и прототипов.

## **Возможности станка:**

Станок может выполнять следующие операции:

- 1) сверление;
- 2) фрезерование;
- 3) развертывание;
- 4) растачивание ;
- 5) распиливание дисковой фрезой ;
- 6) нарезание резьбы ;
- 7) заворачивание винтов, шурупов с заданным усилием ;
- 8) гравировка;
- 9) расточка ;
- 10) нарезание зубьев шестерен;
- 11) выполнение круга токарных операций таких, как протачивание цилиндрических поверхностей и подрезание торцов.



Основное рабочее окно программы Mach3 в конфигурации для 4-х координатного фрезерного станка

