

## **1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ САПР**

Разработка САПР представляет собой крупную научно-техническую проблему, а ее внедрение требует значительных капиталовложений. Накопленный опыт позволяет выделить следующие основные принципы построения САПР.

1. САПР — человеко-машинная система. Все созданные и создаваемые системы проектирования с помощью ЭВМ являются автоматизированными, важную роль в них играет человек — инженер, разрабатывающий проект технического средства.

В настоящее время и по крайней мере в ближайшие годы создание систем автоматического проектирования не предвидится, и ничто не угрожает монополии человека при принятии узловых решений в процессе проектирования. Человек в САПР должен решать, во-первых, все задачи, которые не формализованы, во-вторых, задачи, решение которых человек осуществляет на основе своих эвристических способностей более эффективно, чем современная ЭВМ на основе своих вычислительных возможностей. Тесное взаимодействие человека и ЭВМ в процессе проектирования — один из принципов построения и эксплуатации САПР.

2. САПР — иерархическая система, реализующая комплексный подход к автоматизации всех уровней проектирования. Иерархия уровней проектирования отражается в структуре специального программного обеспечения САПР в виде иерархии подсистем.

Следует особо подчеркнуть целесообразность обеспечения комплексного характера САПР, так как автоматизация проектирования лишь на одном из уровней оказывается значительно менее эффективной, чем полная автоматизация всех уровней. Иерархическое построение относится не только к специальному программному обеспечению, но и к техническим средствам САПР, разделяемых на центральный вычислительный комплекс и автоматизированные рабочие места проектировщиков.

3. САПР — совокупность информационно-согласованных подсистем. Этот очень важный принцип должен относиться не только к связям между крупными подсистемами, но и к связям между более мелкими частями подсистем. Информационная согласованность означает, что все или большинство возможных последовательностей задач проектирования обслуживаются информационно согласованными программами. Две программы являются информационно согласованными, если все те данные, которые представляют собой объект переработки в обеих программах, входят в числовые массивы, не требующие изменений при переходе от одной программы к другой. Так, информационные связи могут проявляться в том, что результаты решения одной задачи будут исходными данными для другой

задачи. Если для согласования программ требуется существенная переработка общего массива с участием человека, который добавляет недостающие параметры, вручную перекомпоновывает массив или изменяет числовые значения отдельных параметров, то программы информационно не согласованы. Ручная перекомпоновка массива ведет к существенным временным задержкам, росту числа ошибок и поэтому уменьшает спрос на услуги САПР. Информационная несогласованность превращает САПР в совокупность автономных программ, при этом из-за неучета в подсистемах многих факторов, оцениваемых в других подсистемах, снижается качество проектных решений.

4. САПР — открытая и развивающаяся система. Существует, по крайней мере, две веские причины, по которым САПР должна быть изменяющейся во времени системой. Во-первых, разработка столь сложного объекта, как САПР, занимает продолжительное время, и экономически выгодно вводить в эксплуатацию части системы по мере их готовности. Введенный в эксплуатацию базовый вариант системы в дальнейшем расширяется. Во-вторых, постоянный прогресс техники, проектируемых объектов, вычислительной техники и вычислительной математики приводит к появлению новых, более совершенных математических моделей и программ, которые должны заменять старые, менее удачные аналоги. Поэтому САПР должна быть открытой системой, т. е. обладать свойством удобства использования новых методов и средств.

5. САПР — специализированная система с максимальным использованием унифицированных модулей. Требования высокой эффективности и универсальности, как правило, противоречивы. Применительно к САПР это положение сохраняет свою силу. Высокой эффективности САПР, выражаемой прежде всего малыми временными и материальными затратами при решении проектных задач, добиваются за счет специализации систем. Очевидно, что при этом растет число различных САПР. Чтобы снизить расходы на разработку многих специализированных САПР, целесообразно строить их на основе максимального использования унифицированных составных частей. Необходимым условием унификации является поиск общих черт и положений в моделировании, анализе и синтезе разнородных технических объектов. Безусловно, может быть сформулирован и ряд других принципов, что подчеркивает многосторонность и сложность проблемы САПР.

### 3. ЦЕЛЬ СОЗДАНИЯ САПР

Под автоматизацией проектирования понимают систематическое применение ЭВМ в процессе проектирования при научно обоснованном распределении функций между проектировщиком и ЭВМ и научно обоснованном выборе методов машинного решения задач.

Цель автоматизации — повысить качество проектирования, снизить материальные затраты на него, сократить сроки проектирования и ликвидировать рост числа инженерно-технических работников, занятых проектированием и конструированием.

Научно обоснованное распределение функций между человеком и ЭВМ подразумевает, что человек должен решать задачи, носящие творческий характер, а ЭВМ — задачи, решение которых поддается алгоритмизации.

Существенным отличием автоматизированного проектирования от неавтоматизированного является возможность замены дорогостоящего и занимающего много времени физического моделирования — математическим моделированием. При этом следует иметь в виду одно важнейшее обстоятельство: при проектировании число вариантов необозримо. Поэтому нельзя ставить задачу создания универсальной САПР, а необходимо решать вопросы проектирования для конкретного семейства машин.

Для создания САПР необходимо:

- совершенствовать проектирование на основе применения математических методов и средств вычислительной техники;
- автоматизировать процессы поиска, обработки и выдачи информации;
- использовать методы оптимального и вариантного проектирования, применять эффективные, отражающие существенные особенности, математические модели проектируемых объектов, комплектующих изделий и материалов;
- создавать банки данных, содержащих систематизированные сведения справочного характера, необходимые для автоматизированного проектирования объектов;
- повышать качество оформления проектной документации;
- повышать творческую долю труда проектировщиков за счет автоматизации нетворческих работ;
- унифицировать и стандартизовать методы проектирования;
- подготавливать и переподготавливать специалистов;
- реализовывать взаимодействие с автоматизированными системами различного уровня и назначения.

**2. САПР мехатронных систем представляет собой единое интегрированное решение,** предназначенное для организаций, разрабатывающих сложные машиностроительные изделия, особенно в области механики и электрики (мехатроники). Например, создания сложных робототехнических устройств.

**Применение сквозного проектирования** позволило не только принимать решение о начале серийного производства, но и значительно сократить сроки подготовки производства как за счет параллельной конструкторской разработки и системы комплексного инженерного анализа. Одно из условий сквозного САПР заключается в непрерывной «замкнутой цепочки» от замысла конструктора до готового изделия. Другое из условий сквозного САПР – полная ассоциативность, - позволяет автоматически отображать все изменения геометрии в процессе проектирования и необходимой доводки или корректировки, что резко сокращает время на изготовление оснастки и значительно повышает качество изделий. Эффективность проектирования и оформления полного комплекта документации с использованием только универсальных графических CAD систем относительно невелика. Значительное повышение эффективности достигается путем использования дополнительных специализированных программных средств и систем автоматизированного проектирования CAD/CAM/CAE, увеличивающие возможности универсальных графических систем CAD за счет расширения базовых модулей, входящих в данный пакет.

## 6. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ -

организационно-техническая система, представляющая собой подразделения проектной организации и комплекс средств автоматизированного проектирования. Автоматизация приводит к существенному изменению методов проектирования. Вместе с тем, сохраняются многие положения и принципы традиционного проектирования, такие как: необходимость блочно-иерархического подхода, деление процесса проектирования на этапы, деление на уровни представления об объектах.

В ГОСТах по автоматизации проектирования дается более развернутая, но, на наш взгляд, менее точная формулировка этого определения. Там, в частности, говорится, что “САПР- это организационно-техническая система, взаимосвязанная с подразделениями проектной организации...”. В действительности же САПР, как нам представляется, больше программно-технический комплекс, нежели организационный, и взаимосвязан он, чаще всего, не с подразделениями проектных организаций, которых в чистом виде осталось уже совсем немного, а с группой пользователей. Тем более, что в последнее время все чаще пропагандируется новый подход к проектированию, который заключается в замене последовательного процесса сквозной разработки изделия с передачей результатов проектирования от одного подразделения к другому на интегрированный, параллельный процесс создания изделия на основе концепции “рабочих групп”. Эта концепция предполагает создание на предприятии многопрофильных рабочих групп в составе различных специалистов по конструированию, технологической подготовке производства, вопросам качества, покупки, продажи, маркетинга и т.д. Появился даже специальный термин “Среда параллельной технологии выпуска изделий”, который, как и почти все, что касается компьютерных технологий, пришел к нам с Запада. По-английски этот термин пишется как CAPE (Concurrent Art-to-Product Enviroment). Применяют еще один термин - Concurrent Engineering, который обозначает **средствареализации** параллельного проектирования, под которыми, в первую очередь, понимаются программные средства.

**4. Проектное решение** – промежуточное или конечное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования

**Типовое проектное решение** – уже существующее проектное решение, используемое при проектировании.

**Цель процесса проектирования** состоит, прежде всего, в том, чтобы на основе исходной информации, получаемой в процессе проектирования, разработать техническую документацию для изготовления объекта проектирования. Проектирование включает в себя разработку технического задания (ТЗ), отражающего потребности, и реализацию ТЗ в виде проектной документации.

Проектирование, по существу, представляет собой процесс управления с обратной связью. Техническое задание формирует входы, которые сравниваются с результатами проектирования, и если они не совпадают, цикл проектирования повторяется вновь до тех пор, пока отклонение от заданных технических требований не окажется в допустимых пределах.

**Проектная процедура** соответствует части проектной подсистемы, в результате выполнения которой принимается некоторое проектное решение. Она состоит из элементарных проектных операций, имеет твердо установленный порядок их выполнения и направлена на достижение локальной цели в процессе проектирования.

Под **проектной операцией** понимают условно выделенную часть проектной процедуры или элементарное действие, совершаемое конструктором в процессе проектирования. Примерами проектных процедур могут служить процедуры разработки кинематической или компоновочной схемы станка, технологии обработки изделий и т.п., а примерами проектных операций – расчет припусков, решение какого-либо уравнения и т.п.

**5. Различают два способа проектирования (два типа маршрутов):**

- восходящее проектирование, нисходящее проектирование.

**Восходящее проектирование** (снизу-вверх) имеет место, если проектируются типовые объекты, предназначенные для использования в качестве элементов во многих объектах на более высоких уровнях иерархии (например, серийные микросхемы, стандартные ячейки матричных больших интегральных схем).

**Нисходящее проектирование** охватывает те уровни, на которых проектируются объекты, ориентированные на использование в качестве элементов в одной конкретной системе.

Проектированию свойственен итерационный характер. При этом приближение к окончательному варианту осуществляется путем многократного выполнения одной и той же последовательности процедур с корректировкой исходных данных. Итерации могут охватывать различные части проектирования, включающие как несколько операций, так и несколько этапов.

### **ПРИМЕР 1.**

- системотехническое проектирование (анализ тактико-технических требований на проектируемый комплекс, определение основных принципов функционирования, разработка структурных схем);

- схемотехническое проектирование (разработка функциональных и принципиальных схем);

- конструкторское проектирование (выбор формы, компоновка и размещение конструктивов, трассировка межсоединений, изготовление конструкторской документации);

- технологическое проектирование (разработка маршрутной и операционной технологии, определение технологической базы).

### **ПРИМЕР 2.**

Этапы восходящего проектирования БИС:

- приборно-технологическое проектирование (выбор базовой технологии, выбор топологии компонентов, расчет диффузионного профиля);

- схемотехническое проектирование (синтез принципиальной электрической схемы, оптимизация параметров элементов, статистический анализ применительно к типовым ячейкам БИС);

- функционально-логическое проектирование (синтез комбинационных схем, реализация памяти, синтез контролирующих и диагностических тестов);

- конструкторско-топологическое проектирование (размещение элементов, трассировка меж- соединений, проверка соответствия



## 7. Состав САПР.

### Состав и структура САПР.

Составными частями САПР, жестко связанными с организационной структурой проектной организации, являются подсистемы, в которых при помощи специализированных комплексных средств решается последовательность задач проектирования. По назначению подсистемы делятся на проектирующие и обслуживающие.

- **Проектирующие подсистемы** имеют объектную ориентацию и реализуют определенный этап проектирования или группы непосредственно связанных проектных задач, например, эскизное проектирование изделий, проектирование корпусных деталей, проектирование ТП механической обработки.
- **Обслуживающая подсистема** имеет общесистемное применение и обеспечивает поддержку функционирования проектирующих подсистем, а также оформление, передачу и вывод полученных в них результатов (автоматизированные банки данных, подсистемы документирования графической информации, подсистемы графического ввода-вывода).

**Компоненты видов обеспечения** - Средства автоматизации проектирования можно сгруппировать по видам обеспечения:

**1. Математическое.** Его основа - алгоритмы, по которым разрабатывается программное обеспечение. От разработки математического обеспечения, являющегося самым сложным этапом создания САПР, зависит производительность и эффективность функционирования системы в целом. По назначению и способам реализации математического обеспечения САПР делятся на:

1. математические методы и построенные на их основе математические модели, описывающие объекты проектирования
2. формализованное описание технологии автоматизированного проектирования.

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

Программное обеспечение делится на общесистемное и специальное. Общесистемное ПО служит для организации функционирования технических средств. Специальное (прикладное) ПО реализует выполнение непосредственных проектных процедур. Оно реализуется в виде пакетов

прикладных программ, каждый из которых обслуживает определенный этап процесса проектирования или отдельную группу однотипных задач внутри различных этапов.

### **3. Информационное.**

Его основу составляют данные, которыми пользуются проектировщики непосредственно для выработки проектных решений. Эти данные могут быть представлены в виде различных документов на различных носителях, включать сведения справочного характера о материалах, комплектующих изделиях, типовых проектных решениях, параметрах элементов, сведения о состоянии текущих разработок в виде промежуточных и окончательных проектных решений, а также о структуре и параметрах проектируемых изделий. Совокупность данных, используемых всеми компонентами САПР (математическое, программное, информационное обеспечение) составляет информационный фонд. Основная функция фонда - обеспечение создания, поддержки и организации доступа к данным.

**4. Техническое.** Это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств, предназначенных для выполнения автоматизированного проектирования.

**5. Лингвистическое.**Его основу составляют языковые средства (языки программирования) для описания процедур автоматизированного проектирования и проектных решений.

**6. Методическое.** Это входящие в состав САПР документы, регламентирующие порядок ее эксплуатации.

**7. Организационное.**Это обеспечение включает в себя положения, инструкции, приказы, штатные расписания, квалификационные требования и прочие документы, регламентирующие организационную структуру подразделений проектной организации и взаимодействие их с комплексом средств автоматизированного проектирования.

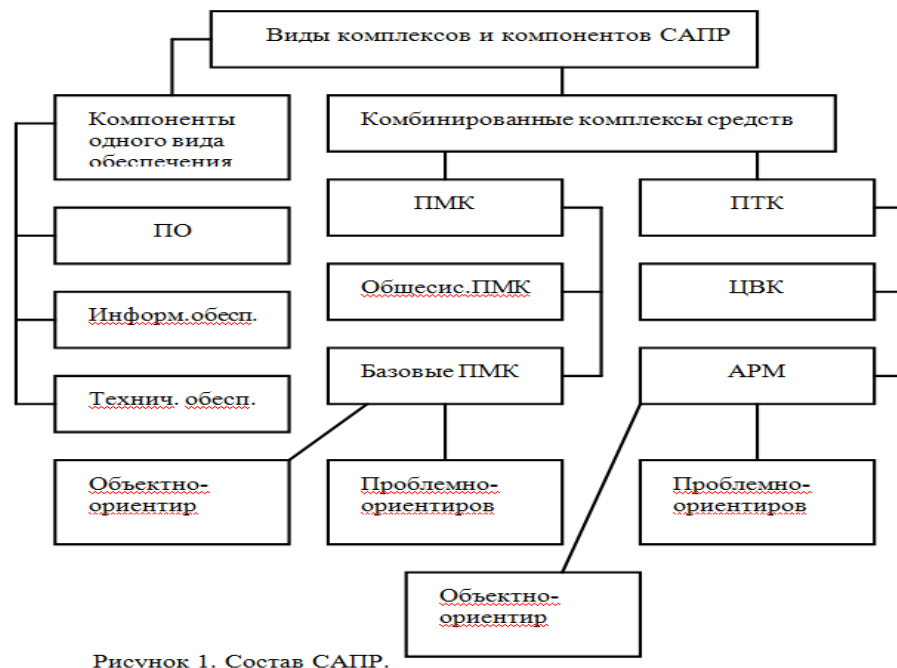


Рисунок 1. Состав САПР.

ПМК – это взаимосвязанная совокупность компонентов программного, информационного и методического обеспечения (включая компоненты математического и лингвистического обеспечений). ПМК в зависимости от назначения могут быть общесистемными и базовыми, в том числе проблемно-ориентированными и объектно-ориентированными. Общесистемные ПМК включают в себя программное, информационное, методическое и другие виды обеспечений.

Базовые ПМК делят на проблемно-ориентированные и объектно-ориентированные.

Проблемно-ориентированные ПМК включают программные средства, предназначенные для автоматизированного упорядочения исходных данных, требований и ограничений к объекту ориентирования в целом или к сборочным единицам.

Объектно-ориентированные ПМК отражают особенности объектов проектирования как совокупность предметной области.

Программно-технический комплекс (ПТК) представляет совокупность ПМК с комплексами и / или компонентами технического назначения.

В зависимости от назначения ПТК делят на:

- Автоматизированные рабочие места (АРМ);
- Центральные вычислительные комплексы

## 8. Процедура проектирования.

Проектные процедуры классифицируются:

- Статика Чувствительность расчёт внутренних
- параметров
- динамика статистичность оптимизация
- параметров
- частотная область расчёт зависимых оптимизация
- параметров от внутреннего допусков
- и внешнего воздействия оптимизация
- технических требований
- стационарный
- режим колебаний

В процедурах синтеза разрабатываются, а в процедурах анализа оцениваются варианты построения объектов.

Одновариантный анализ заключается в определении вектора выхода параметров “у” при заданной структуре системы значащих вектора параметров элементов “х” и внешних параметров Q. Структура системы задана, если заданы перечни типов элементов и способ их связей друг с другом в составе системы.

Если анализ выполняется по результатам исследования математической модели объекта, то такой анализ принято называть моделированием. Задачи многовариантного анализа заключаются в определении изменений параметров Y при заданных изменениях X и Q. К задачам многовариантного анализа относится анализ чувствительности — это оценка влияния внутренних и внешних параметров на выходные, которые сводятся к расчёту коэффициента чувствительность. Статистический анализ — это оценка закона и (или) числовых характеристик распределения вектора Y при заданных статистических сведениях о распределении случайного вектора X.

Существуют процедуры структурного и параметрического синтеза. При структурном синтезе определяется структура объекта, при параметрическом — числовые значения параметров элементов при заданной структуре объекта и диапазон некоторых изменений и внешних переменных.

Если при этом становится задача достижения некоторого экстремума функции, то такая задача называется оптимизацией.

При оптимизации параметров определяется номинал значения внутренних параметров при оптимизации допусков, дополнительные допуски на параметры, а при оптимизации технических требований решается задача оптимизации назначения технических требований к выходным параметрам объекта.

Проектирование сложных систем основано на блочно и иерархическом подходе, сущность которого состоит в расчленении представления об объекте проектирования, включающем модели постановки проектируемых задач, проектную документацию и т.д. Цель проектирования — замена малого числа проектируемых задач чрезмерной сложности большим числом задач допустимой сложности. Уровни иерархии проектирования различают степенью детализации представлений об объекте и каждому уровню соответствует свое определение элементов. Части объекта, рассматриваемого как элементы на некоем  $k$ -уровне описываются как системы на соседнем  $k+1$  уровне. Кроме детализации на иерархические уровни применяют расчленение представлений об объекте по характеру отображаемых свойств, на ряд аспектов. Аспект, связанный с описанием проектируемых действий и процессов функционального объекта, называется **функционированием**. Кроме того к числу основных аспектов относится конструкторский и топологический. В каждом аспекте принято выделять свои уровни абстрагирования. В **функциональном аспекте** принято выделять системный или структурный функционально логический, схемотехнический и компонентный уровни.

На системном уровне в качестве систем фигурируют комплексы, например, ЭВМ, РЛС, СУДО, а в качестве элементов — блоки аппаратуры.

На функционально-логическом уровне эти блоки рассматриваются как системы, состоящие из элементов, в качестве которых выстраивают функциональные узлы: счетчики, дешифраторы, триггеры и т.д.

На схемотехническом уровне эти блоки рассматриваются как системы, состоящие из элементов: транзисторы, резисторы, диоды и т.д.

На компонентном уровне рассматривают как системы сами компоненты и рассматривают процессы, проектируемые в схематических компонентах.

Конструкторскому аспекту соответствует своя иерархия конструктивов, включающая уровни описания стоек, рам, панелей, типовых элементов замены (ТЭЗ), дискретных компонентов и микросхем, топологических

фрагментов и функциональных схем и отдельных компонентов в кристаллах ИМС.

В технологическом аспекте рассматриваются иерархические уровни описания технологических процессов в виде принципиальных схем, маршрутов, совокупности операций и переходов.

Неотъемлемой частью представлений об объекте при САПР являются математические модели.

*Математической моделью* технологического объекта является совокупность систем объектов и отношения между ними, адекватно отражения некоторым свойствам технологического объекта.

Каждому уровню и аспекту иерархического описания объекта соответствует свой математический аппарат, соответственно характерной для этого уровня математической модели. Процесс проектирования в свою очередь делится на этапы, те в свою очередь делятся на процедуры и операции. Проектная процедура — формализованная совокупность действий, выполнение которых оканчивается проектным решением. *Проектное решение* — это промежуточное или окончное описание объекта проектирования, необходимая и достаточная для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования.

## **9. Этапы проектирования и выпускаемая документация.**

Согласно стандарту выделяют следующие стадии проектирования:

**1.Предпроектное исследование** (выполняет заказчик). Здесь выполняется анализ потребностей внешней среды (ВС) в новом изделии, также ведется поиск возможного аналога, т.е. может быть сделан вывод о необходимости модернизации существующего изделия. Результатом является документ ИТ (исходные требования), в котором отражается информация о наличии и характеристиках изделия.

**2.Разработка технического задания (ТЗ).** Вообще ТЗ также должен разрабатывать заказчик на основе собственных ИТ. ТЗ содержит основные характеристики изделия: габариты, вес, энергопотребление. В составе ТЗ производится уточнение структур, функций, режимов работы будущего изделия, описываются требования к дизайну, экономическим показателям. Иногда ТЗ требует уточнения исполнителем.

**3.Разработка предложения технического (ПТ) (уточненного ТЗ).** Уточненное ТЗ или ПТ разрабатывает исполнитель проекта, где отражает свое видение проблемы. Результатом является документ УТЗ, который подписывается исполнителем и заказчиком. Пункты 2 и 3 могут находиться в итерации. Бывает, что на этом процесс заканчивается, если исполнитель заказывает невозможное.

**4.Эскизное проектирование (ЭП).** Выполняется на основе УТЗ. Здесь моделируются отдельные принципиальные узлы будущего изделия, отрабатываются математические модели поведения. Анализируется и доказывается реальная возможность создания будущего изделия. Проводятся многовариантные испытания, часто строятся физические модели. Результатом стадии ЭП являются уточненные технико-экономические характеристики будущего изделия, принципиальный состав узлов, детализованные проработки важнейших составных частей (схемы, чертежи), ПЗ, возможно макеты. В отдельных случаях процесс проектирования может быть закончен, прерван за бесперспективностью (отрицательный результат), либо продолжен.

**5.Техническое проектирование (ТП).** Здесь прорабатываются полностью все компоненты изделия: дизайн корпуса, разрабатываются все части проекта. ТП содержит результаты полной параметрической оптимизации, все чертежи, схемы узлов, полное описание функционирования изделия, описание режимов работы. Результат, как правило, опытный образец изделия. Принимается решение заказчиком о возможности передачи в

серийное производство. При положительном решении заказчика начинается разработка рабочего проекта (РП).

Результат - полная конструкторская документация и, как правило, опытный образец.

Проектная организация может завершить работу на стадии ТП, передав документацию заказчику, который передает в производственные предприятия (размещает заказ), где тех. проект доводят до рабочего проекта (РП).

**6.Рабочее проектирование (РП).** Рабочий проект - полный комплекс документов для промышленного выпуска (массовый выпуск изделия).

**Этапом** проектирования называют часть стадии, включающая разработку одного или нескольких аспектов будущего изделия.

Этап проектирования — условно выделяемая часть процесса проектирования, состоящая из одной или нескольких проектных процедур.

Иногда в процессе проектирования выделяют последовательность процедур или этапов под названием маршрутного проектирования.

В зависимости от того в какой последовательности выполняются процедуры или этапы, различают два способа проектирования или два типа маршрутов:

- 1) Восходящее проектирование — это проектирование снизу вверх, осуществляет в случае выполнения процедуры низких иерархических уровней, предшествует выполнению процедур относящимся к более высоким иерархическим уровням.
- 2) Нисходящее проектирование — это проектирование сверху вниз, и характеризуется противоположной последовательностью выполнения процедур и этапов. Типичная последовательность этапов исходящего проектирования радиоэлектронной аппаратуры, включает в себя системно-техническое проектирование — это анализ тактико-технических требований на проектировании комплекс определенных основ принципов функционирования, разработка структурных схем.
- 3) Схемотехническое проектирование — это разработка функциональных и принципиальных схем.



4) Конструкторское проектирование — это выбор формы компоновки и размещения конструктивов трассировка межсоединений, изготовления конструктивов документации.

5) Технологическое проектирование — это разработка маршрутов и технологической базы выбора оснастки.

Типичная последовательность восходящего проектирования БИС включает в себя:

Приборно-технологическое проектирование — это выбор базовой технологии, расчёт диффузии профиля, выбор топологии компонентов.

Схемотехническое проектирование — это синтез принципиальной электрической схемы, оптимизация параметров элементов, статистический анализ применительно к типовым ячейкам БИС

Функционально-логическое проектирование — это синтез комбинационных схем, реализация памяти, синтез контролирующих и проверяющих тестов.

Конструктивно-технологическое проектирование — это размещение элементов, трассировка межсоединений, проверка соответствия топологических и электрических схем, расслоение, вычерчивание послойной топологии.

В случае матричных БИС первые 2 этапа относят к проектированию БМК, а последние 2 этапа к проектированию к каждой конкретной БИС.

## **10. Предпроектные исследования.**

На первой стадии (предпроектного обследования) производится обследование той организации или подразделения, которая будет выполнять проектирование (например, некоторого конструкторского бюро), изучается предмет автоматизации, оформляется отчет о результатах обследования, в котором делается анализ существующих отечественных и зарубежных аналогов и дается предварительное технико-экономическое обоснование создания САПР. Отчет согласовывается в установленном на предприятии порядке.

## **11. Рабочий проект.**

Различают семь стадий процесса проектирования новых изделий: 1) предпроектные исследования; 2) техническое задание; 3) эскизный проект; 4) технический проект;

5) рабочий проект; 6) изготовление, отладка, испытание; 7) ввод в действие.

Иногда говорят о восьми стадиях проектирования, имея в виду, что между техническим заданием и эскизным проектом возникает стадия технического предложения. Рассмотрим содержание работ на различных стадиях проектирования на примере разработки некоторой абстрактной САПР. Прежде всего, отметим, что при создании САПР как нового изделия необходимо реализовать все стадии проектирования. На первой стадии (предпроектного обследования) производится обследование той организации или подразделения, которая будет выполнять проектирование (например, некоторого конструкторского бюро), изучается предмет автоматизации, оформляется отчет о результатах обследования, в котором делается анализ существующих отечественных и зарубежных аналогов и дается предварительное технико-экономическое обоснование создания САПР. Отчет согласовывается в установленном на предприятии порядке. Далее пишется техническое задание на разработку САПР, где формулируются цели создания САПР, обосновывается оптимальный вариант САПР, дается общее описание процесса проектирования, указываются ответственные Исполнители и этапы создания САПР, примерные сроки выполнения работы. Техническое задание разрабатывается, согласовывается и утверждается совместно с Заказчиком. На этой стадии завершается, так называемое, *внешнее проектирование*. Третья стадия (эскизный проект), как и все последующие, относится уже к *внутреннему проектированию*. На стадии эскизного проекта разрабатываются принципиальные решения по созданию САПР и формам проектной документации.

А на стадии технического проекта разрабатываются окончательные решения по созданию САПР, которые опять согласовываются и утверждаются. Стадия рабочего проектирования предполагает создание подробной рабочей документации по САПР в целом и по ее *подсистемам* и компонентам (*подсистема* САПР - это составная структурная часть САПР, обладающая всеми свойствами системы). Результатом стадии рабочего проектирования является **рабочий проект**, который включает в себя всю необходимую рабочую документацию, включая программную. ГОСТ 24.601-86 предусматривал включение в состав рабочего проекта и исходных текстов прикладных программ, которые должны были отлаживаться на следующей стадии работы. Ясно, что при сегодняшнем уровне развития средств программирования разделение этапа написания программ и их отладки становится бессмысленным. Шестая стадия проектирования САПР предполагает изготовление, отладку и испытание так называемых несерийных компонентов САПР. Помимо программного обеспечения здесь могут изготавливаться и отлаживаться специализированные технические средства, не выпускаемые серийно промышленностью, например, некоторые средства сопряжения различных устройств, в частности, например, адаптеры для стыковки персональных компьютеров и устройств вывода на перфоленду и т.п.

На заключительной стадии осуществляется сдача САПР в промышленную эксплуатацию, которая включает в себя, в частности, обучение персонала пользователя, строительно-монтажные работы, если таковые необходимы, комплексную отладку САПР, опытную эксплуатацию, проведение приемочных испытаний, устранение замечаний, выявленных при испытаниях и, наконец, собственно сдачу системы в промышленную эксплуатацию.

## 12. Стадии создания САПР.

Создание и развитие САПР осуществляется самой проектной организацией с привлечением (при необходимости) других организации-соисполнителей, в том числе научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений. Следует подчеркнуть, что создание САПР — сложная и трудоемкая работа, выполнение которой под силу только большому высококвалифицированному коллективу разработчиков. Процесс создания САПР включает в себя восемь стадий: предпроектные исследования, техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочий проект, изготовление, отладка и испытание, ввод в действие.

Руководство разработкой, внедрением, эксплуатацией и модернизацией систем и компонентов САПР в проектной организации должно заниматься специализированное подразделение, включающее группы специалистов соответствующих направлений. Предпроектные исследования проводятся для выявления готовности конкретной проектной организации к внедрению автоматизированных методов. Основу этой работы составляет системное обследование объекта проектирования и используемых в инженерной практике традиционных методов и приемов проектирования, а также объема технической документации, разрабатываемой в процессе проектирования. Процесс обследования осуществляется главным образом опросом опытных проектировщиков и конструкторов.

В результате обследования определяется необходимость и экономическая эффективность создания автоматизированной системы. При этом учитывается объем проектно-конструкторских работ, их периодичность, общие затраты инженерного труда, возможность создания адекватного математического описания и оптимизационных процедур, необходимость повышения качественных показателей проектируемого изделия, сокращение сроков проектирования. Существенным фактором при решении вопроса о целесообразности создания САПР является подготовленность соответствующего проектного подразделения к созданию и внедрению САПР. Подготовленность может быть оценена по следующим критериям:

- возможность формализации проектно-конструкторских задач и реализации математических методов их решения;
- наличие требуемых технических средств и необходимость приобретения и установки дополнительных агрегатов;

- подготовленность информационных фондов и технических средств хранения и обработки информации.

Кроме того, важно выявить факторы оценки подготовленности кадров для эксплуатации САПР, к которым можно отнести следующие:

- соответствие внедряемой системы принятой организации проектных работ;
- наличие в проектно-конструкторской организации кадров для эксплуатации и поддержания работоспособности САПР;
- отношение руководства организации к созданию системы и уровень организации этих работ;
- психологическая подготовленность коллектива к внедрению САПР.

Техническое задание (ТЗ) является исходным документом для создания САПР и должно содержать наиболее полные исходные данные и требования. Этот документ разрабатывает головной разработчик системы. ТЗ на создание САПР должно содержать следующие основные разделы:

«Наименование и область применения», где указывают полное наименование системы и краткую характеристику области ее применения;

«Основание для создания», где указывают наименование директивных документов, на основании которых создается САПР;

«Характеристика объектов проектирования», где приводят сведения о назначении, составе, условиях применения объектов проектирования;

«Цель и назначение», где перечисляют цель создания САПР, ее назначение и критерий эффективности ее функционирования;

«Характеристика процесса проектирования», где приводят общее описание процесса проектирования, требования к входным и выходным данным, а также требования по разделению проектных процедур (операции), выполняемых с помощью неавтоматизированного и автоматизированного проектирования;

«Требования к САПР», где перечисляют требования к САПР в целом и к составу ее подсистем, к применению в составе САПР ранее созданных подсистем и компонентов и т. п.;

«Технико-экономические показатели», где оценивают затраты на создание САПР, указывают источники получения экономии и ожидаемую эффективность от применения САПР.

На стадиях технического предложения, эскизного и рабочего проектирования выбираются и обосновываются варианты САПР, разрабатываются окончательные решения. При этом выполняются следующие основные виды работ:

- выявление процесса проектирования (его алгоритм), т. е. принятие основных технических решений;
- разработка структуры САПР и ее взаимосвязи с другими системами (определение состава проектных процедур и операции по подсистемам; уточнение состава подсистем и взаимосвязи между ними; разработка схемы функционирования САПР в целом);
- определение состава методов, математических моделей для проектных операций и процедур; состава языков проектирования; состава информации (объем, способы ее организации и виды машинных носителей информации); состава общего, специализированного общего и специального программного обеспечения;
- формирование состава технических средств (ЭВМ периферийные устройства и другие элементы);
- принятие решений по математическому, информационному, программному и техническому видам обеспечения по САПР в целом и отдельно по подсистемам;
- расчет технико-экономических показателей САПР.

Оформление всей документации, необходимой для создания и функционирования САПР, выполняют на стадии рабочего проектирования.

На стадии изготовления, отладки и испытания производят монтаж, наладку и испытание комплекса технических средств автоматизации проектирования, на тестовых примерах доводят программное обеспечение и подготавливают проектную организацию к вводу в действие САПР.

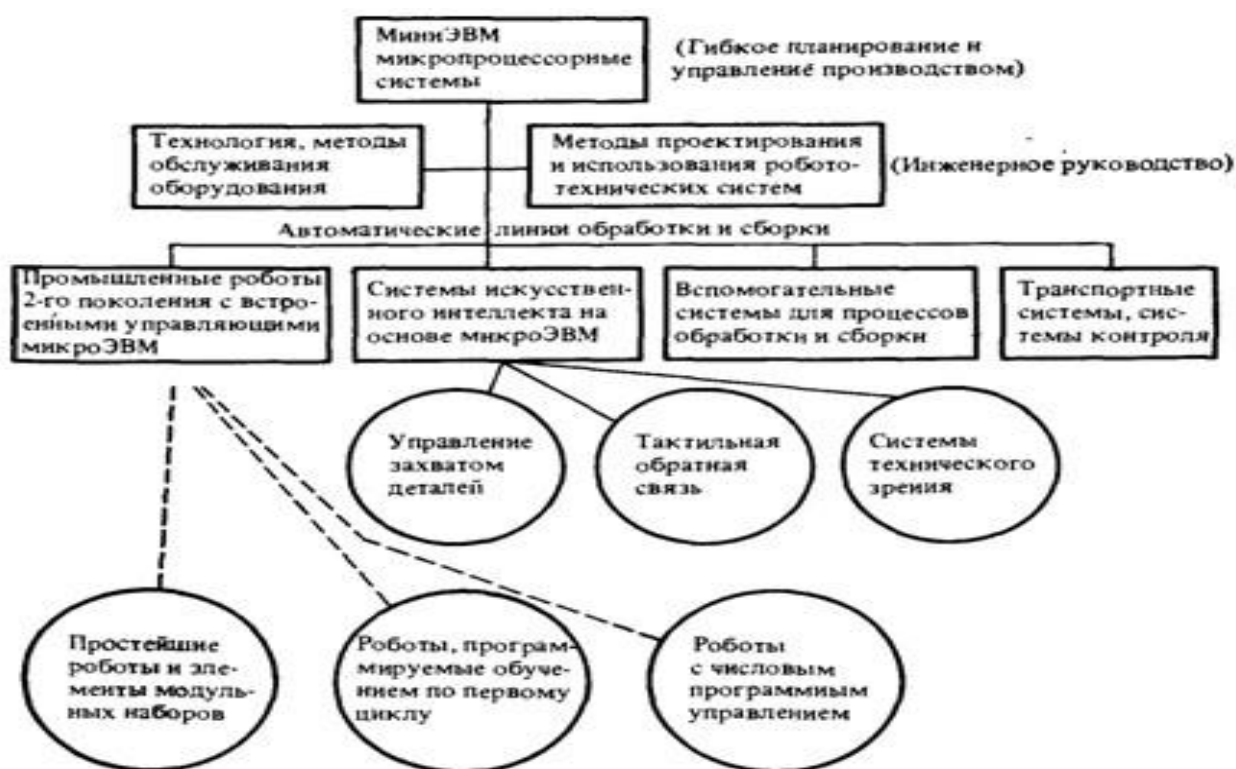
Ввод в действие системы осуществляют после опытного функционирования и приемочных испытаний у заказчика.

### **13. Связь с гибким автоматизированным производством**

**Гибкие автоматизированные производства (ГАП)** — наиболее совершенная форма организации производства, охватывающая все

компоненты производственного процесса: от автоматизированного проектирования до автоматизированных испытаний готовой продукции.

Гибкие автоматизированные производства создаются путем интеграции в одном производственном процессе промышленных роботов, станочных обрабатывающих центров (обычно станков с ЧПУ), безлюдных автоматических складов и систем подачи деталей. Все эти системы функционируют под управлением и контролем сложной вычислительной техники (рис. 4.4). В идеальном случае гибкие автоматизированные производства должны выполнять всю совокупность технологических операций без участия человека — «безлюдная технология».



(Специализация, multifunctionality)

Рис. 4.4. Гибкое автоматизированное производство на основе промышленных роботов 2-го поколения.

**Безлюдная технология** подразумевает участие человека в технологическом процессе только в качестве оператора, наблюдающего за работой оборудования.

Основные **достоинства** гибких производств — экономия на переналадке, сокращение длительности производственного цикла, возможность

расширения ассортимента изготавливаемых приборов, а также частой смены сырья, инструмента, технологических процессов.

Как любой производственный процесс, ГАП **содержит** предмет труда (заготовки, обрабатываемые изделия), орудия труда (технологическое оборудование, станки), средства труда (инструмент, реактивы).

Эти компоненты производства объединяет технологический процесс, предусматривающий последовательность режимов обработки, контроль текущих и конечных параметров производственного цикла и готовых изделий.

Гибкость предметов труда (обрабатываемых изделий или заготовок) зависит от технологичности их конструкции с точки зрения возможности автоматизации производства.

**Признаками технологичности** являются, например, минимальное число деталей в объектах автоматической сборки; наличие в обрабатываемых изделиях специальных конструктивных признаков и свойств, обеспечивающих их автоматическое распознавание, ориентацию и позиционирование; высокая степень конструктивного и технологического подобия. Высокие показатели технологичности конструкции могут быть достигнуты только при автоматизированном конструировании и проектировании, основанном на применении средств вычислительной техники (САПР). Применение САПР создает предпосылки для последующей автоматизации всех этапов производственного процесса, обеспечивает сокращение времени проектирования, возможность оптимизации конструкций и технологических процессов.

Гибкость средств труда (инструмента, оснастки, приспособлений) обеспечивается их унификацией, пригодностью для автоматической установки, переналадки и замены.

Гибкость орудий труда достигается применением гибких производственных модулей (см. с. 54).

В настоящее время обязательным компонентом гибких автоматизированных производств (ГАП) наряду с гибкими производственными модулями (ГПМ) является комплекс систем автоматизированного управления производством (например, АСУТО, АСУТП, АСУК и др.).

Автоматизированная система управления технологическим оборудованием (**АСУТО**) предназначена для управления устройствами и механизмами



технологического оборудования, приема и обработки информации от датчиков технологического процесса, регулирования параметров, выполнения вычислительных операций.

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП) на основе информации, получаемой от постов межоперационного контроля, производит корректировку параметров технологического процесса (времени операции, температуры процесса, расхода реагентов и пр.).

**Важной функцией АСУТП** является корректировка параметров процесса по результатам межоперационного контроля и технологических условий, а также применение алгоритмов выхода из аварийных ситуаций. Система микропроцессорного управления обычно отображает на экране дисплея наименование корректируемого параметра и рекомендуемую величину измерения. Например, в установках магнетронного вакуумного напыления микропроцессорная система по сигналам датчиков тока и напряжения регулирует мощность магнетронов, подсчитывает энергию, затраченную на все циклы напыления, корректирует цикл напыления по заданной энергии, учитывает износ распыляемой мишени по величине суммарной энергии, затраченной на напыление, вводит коррекцию скорости напыления в зависимости от износа мишени.

Автоматизированная система управления качеством (АСУК) действует в непосредственной связи с системами управления технологическими процессами (АСУТП). Качество выпускаемых изделий гибкие автоматизированные производства формируется в процессе производства, но уже закладывается на ранней стадии разработки новых изделий и проявляется на стадии эксплуатации. Обобщенная система обеспечения, контроля и управления качеством является системой с обратными связями.

Помимо непосредственного контроля качества к задачам АСУК относятся планирование предупредительного ремонта оборудования, учет результатов входного контроля материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, технологических потерь и отказов изделий в производстве и т. д. В конечном итоге существующий контроль качества готового изделия должен быть заменен на контроль процесса производства. В этом случае должен тщательно осуществляться входной контроль всех материалов и комплектующих полуфабрикатов, но главное — тщательно контролируется состояние средств производства, прогнозируются отказы оборудования, которые могут привести к браку.

**Различают** тактическую и организационно-структурную (стратегическую) гибкость системы.

Под тактической гибкостью производственной системы подразумевают способность производства приспосабливаться к изменениям номенклатуры и ассортимента изготавливаемых изделий. Степень тактической гибкости системы определяется количеством наименований изделий, которые могут на ней обрабатываться.

Под организационно-структурной гибкостью подразумевается способность приспосабливаться к различным производственным ситуациям.

Приведем примеры производственных ситуаций, при которых должна проявляться организационно-структурная гибкость: изменение по каким-либо причинам количества необходимых потребителям приборов, недостаток требуемых заготовок, необходимого инструмента; выход из строя тех или иных компонентов производства и пр.

Организационно-структурные гибкие автоматизированные производства характеризует также способность системы к технологической эволюции: возможность без прекращения выпуска изделий обеспечивать проведение поэтапной реконструкции и модернизации производства, опробование новой технологии и нового оборудования в процессе серийной эксплуатации.

## 14.Специфика информационного обеспечения САПР

При создании информационного обеспечения САПР основная проблема заключается в преобразовании информации, необходимой для выполнения проектно-конструкторских работ над определенным классом объектов, в форму, приемлемую и наиболее рациональную для машинной обработки, и выводе информации на ЭВМ в виде, удобном для восприятия человеком.

Множество данных, которые потенциально могут использоваться при функционировании САПР или служить запоминаемым результатом ее работы, образуют информационную базу данных (БД) системы. Типовыми группами данных информационного обеспечения автоматизированного проектирования являются классификаторы и таблицы соответствия для них, научно-техническая и расчетно-проектная (оперативная) информация.

Сложность разработки базы данных обусловлена тем, что формирование ее структуры возможно только после разработки алгоритмов проектирования. Степень разработки алгоритмов должна быть доведена до машинной реализации, так как структура базы данных должна учитывать специфику процесса автоматизированного проектирования. Но для разработки пакета прикладных программ (ППП) необходимы сведения о структуре базы данных. Следовательно, информационное обеспечение и специальное программное обеспечение САПР должны создаваться параллельно.

Информация, используемая при проектировании, по виду ее представления может быть подразделена на документальную, иконографическую и фактографическую. Документальная информация — это метainформация. Она представляет собой поисковый образ документа, находящегося в базе данных. При необходимости может быть выдана совокупность документов, удовлетворяющих поисковому образу. В САПР информация такого вида широко используется для нахождения сведений об аналогах объекта проектирования, о патентах и авторских свидетельствах, методике проектирования и расчетов, результатах испытания и т. п.

Информация, которая содержится в изображениях документов (чертежи, фотографии и т. д.), в идентичной форме представления называется иконографической. Для ее хранения используют специальные носители (микрофиши, рулонные микрофильмы, магнитные ленты видеозаписей и т. д.). В современных САПР этот вид информации служит для хранения больших объемов графической информации, поиск которой может

осуществляться с помощью сопровождающей ее документальной информации.

Основу базы данных САПР составляет фактографическая информация. Она представляет собой числовые и буквенные справочные данные о материалах, ценах, комплектующих изделиях, о спроектированных в САПР объектах и т. п. Сюда же относятся данные, необходимые для выполнения расчетов: коэффициенты, таблицы, аппроксимированные графические зависимости и т. д.

В настоящее время различают два вида автоматизированных информационных систем САПР — банки данных и информационно-поисковые системы (ИПС). Эти системы различаются видом хранимой и обрабатываемой информации и информационным языком, с помощью которого осуществляется описание данных и манипуляции с ними. Эти различия накладывают определенные ограничения на организацию информации в системе (структуры данных, форматы, связи, доступ и т. д.) и на программную реализацию.

Функционирование информационной системы обеспечивается программно-техническими средствами (машинная организация) и средствами немашинной организации.

Проектирование, организацию функционирования и развитие информационной системы обеспечивает системный персонал.

В информационно-поисковых системах САПР хранится и обрабатывается, как правило, документальная информация. Информационный язык в ИПС — это ограниченный (нормированный) естественный язык, с помощью которого описывают содержание документальных источников информации (статей, книг, стандартов и т. д.) в виде набора понятий, отражающих основное содержание документов.

## **15. Основные требования к информационному обеспечению САПР.**

В комплекс средств автоматизированного проектирования входит информационное обеспечение, которое представляет собой совокупность документов, описывающих стандартные проектные процедуры, типовые проектные решения, типовые элементы и комплектующие изделия, материалы и другие данные, а также файлы и блоки данных на машинных носителях с записью указанных документов. Главной целью создания информационного обеспечения САПР является разработка информационной системы, позволяющей правильно и быстро решать проектные задачи. Это может быть достигнуто своевременной выдачей источнику запроса полной и достоверной информации для выполнения определенной части проектно-конструкторского процесса.

Основные требования к информационному обеспечению САПР следующие:

1. Наличие необходимой информации для обеспечения как автоматизированных, так и ручных процессов проектирования.
2. Возможность хранения и поиска информации, представляющей результат ручных и автоматизированных процессов проектирования.
3. Достаточный объем хранилищ информации. Структура системы должна допускать возможность наращивания емкости памяти вместе с ростом объема информации, подлежащей хранению. Одновременно необходимо обеспечить компактность хранимой информации и минимальное изнашивание носителей информации.
4. Достаточное быстродействие системы информационного обеспечения.
5. Возможность быстрого внесения изменений и корректировки информации, доведения этих изменений до потребителя, а также получение твердой копии документа.

При создании информационного обеспечения САПР основная проблема заключается в преобразовании информации, необходимой для выполнения проектно-конструкторских работ над определенным классом объектов, в форму, приемлемую и наиболее рациональную для машинной обработки, и выводе информации на ЭВМ в виде, удобном для восприятия человеком.

Множество данных, которые потенциально могут использоваться при функционировании САПР или служить запоминаемым результатом ее

работы, образуют информационную базу данных (БД) системы. Типовыми группами данных информационного обеспечения автоматизированного проектирования являются классификаторы и таблицы соответствия для них, научно-техническая и расчетно-проектная (оперативная) информация.

## **16. Программно – технические средства и средства внемашинной организации САПР.**

Функционирование информационной системы обеспечивается программно-техническими средствами (машинная организация) и средствами внемашинной организации.

Программно-технические средства информационных систем — это, как правило, специальные ППП, которые обеспечивают накопление (ввод, изменения, модификацию), хранение и поиск информации. К средствам внемашинной организации данных в информационных системах относятся:

система классификации и кодирования информации;

система ведения информационных массивов (входные формы и таблицы, оперативные документы на изменение информации и т. д.);

методические инструментальные материалы для "системного персонала (службы администрации).

Проектирование, организацию функционирования и развитие информационной системы обеспечивает системный персонал.

В информационно-поисковых системах САПР хранится и обрабатывается, как правило, документальная информация. Информационный язык в ИПС — это ограниченный (нормированный) естественный язык, с помощью которого описывают содержание документальных источников информации (статей, книг, стандартов и т. д.) в виде набора понятий, отражающих основное содержание документов.

В информационно-поисковых системах ППП не имеет специального названия, и говорят о ППП для ИПС.

Единицей хранения информации в ИПС является описание конкретного документа. Прообразами накапливаемых в системе описаний документов служат некоторые внешние первичные документы, содержащие информацию, используемую в процессе автоматизированного проектирования. Такими первичными документами могут быть отчеты по научным и конструкторским работам, патенты, справочники, статьи, каталоги и т. д. С точки зрения пользователя, каждое описание документа представляет собой краткую библиографию источника информации (автор, заглавие, название источника, год выпуска, издательство, аннотация или реферат).

Для обеспечения взаимодействия пользователей и ИПС служит нормативный (фиксированный) словарь понятий, с помощью которого можно описывать содержание, как документов, так и запросов. Такой словарь называется тезаурусом. Тезаурус является моделью системы понятий предметной области. Поэтому документ, записанный в память ЭВМ, кроме библиографии, имеет поисковые признаки или поисковый образ, который составляется по определенным правилам с помощью понятий тезауруса. Запросы к системе формулируются также с помощью тезауруса по определенным правилам. Совокупность правил перевода с естественного языка на язык системы, и тезаурус образуют информационно-поисковый язык системы.

Совокупность документов в памяти ЭВМ образует последовательный массив (файл). Поиск информации в системе осуществляется путем сравнения понятий поискового образа документа и понятий запроса. При их полном или частичном совпадении (в зависимости от критерия выдачи) документ считается релевантным, т. е. соответствующим запросу. Но при такой последовательной организации информации поиск и сравнение со всеми поисковыми образами заняли бы много времени. Для более эффективной организации информации в систему вводят инверсный (поисковый) массив, в котором каждому понятию тезауруса поставлен в соответствие набор номеров документов, в которых это понятие встречается.

К функциям ППП для ИПС относятся:

ведение и использование информационно-поискового языка; ввод, накопление и изменение информации;

поддержка инверсного массива; поиск и выдача информации по запросам.

ИПС описанного выше типа называются документальными ИПС.

Существует ИПС фактографического типа. Они отличаются тем, что в них хранение и поиск осуществляется не по набору понятий, а по набору признаков каких-либо объектов, т. е. кроме тезауруса в системе предусмотрен еще и специальный классификатор признаков объектов. ИПС фактографического типа более близки по своей организации к банкам данных.



## **17. Уровни САПР: ЦВК, АРМ**

Техническое обеспечение современных САПР имеет иерархическую структуру. Принято выделять следующие уровни:

- центральный вычислительный комплекс (ЦВК ),
- автоматизированные рабочие места ( АРМ ),
- комплекс периферийного программно-управляющего оборудования.

Центральный вычислительный комплекс предназначен для решения сложных задач проектирования. Представляет собой ЭВМ средней или высокой производительности с типовым набором периферийных устройств.

Возможно расширение этого набора некоторыми средствами обработки графической информации. Для повышения производительности в ЦВК могут использоваться многопроцессорные или многомашинные комплексы.

АРМы предназначены для решения сравнительно несложных задач и организации эффективного общения пользователя САПР с комплексом технических средств. Включает в свой состав мини-ЭВМ и (или) микро-ЭВМ , графические и символьные дисплеи, координатосъемщики, устройства символьного и графического документирования и другие с соответствующим базовым и прикладным программным обеспечением. Для некоторых АРМ характерен интерактивный режим работы с обработкой графической информации.

Комплекс периферийного программно-управляющего оборудования предназначен для получения конструкторско-технологической документации и управляющих программ на машинных носителях для исполнительных технологических автоматов. В его составе исполнительное программно-управляющее оборудование , средства диалогового взаимодействия. В составе ЭВМ с большим объемом внешней памяти. Подобные комплексы обычно называют технологическими. На данном оборудовании решаются задачи редактирования, тиражирования, архивного сопровождения документации и др.

Наличие указанных уровней приводит к соответствующей структуре программного и информационного обеспечения САПР. В результате уровни ЦВК, АРМ и ТК , первоначально выделяемые как уровни технического обеспечения, становятся уровнями САПР.

Существующие САПР делятся на одно-, двух- и трехуровневые. В одноуровневых САПР, построенных на основе ЦВК, выполняются процедуры, характеризующиеся высокой трудоемкостью вычислений при сравнительно малых объемах исходных данных. В одноуровневых САПР на основе АРМ выполняются процедуры, в которых объемы вычислений и выпускаемой документации сравнительно невелики. В одноуровневых технологических комплексах содержание проектной документации определяется в результате неавтоматизированного проектирования, а изготовление ее автоматизировано. При этом объем выпускаемой документации может быть большим.

В двухуровневых САПР возможны сочетания ЦВК-АРМ, ЦВК-ТК, АРМ-ТК.

В наибольшей степени возможности автоматизированного проектирования сложных объектов реализуются в трехуровневых САПР, включающих ЦВК, АРМы и ТК.

## **18. Подсистемы САПР. Проектирующие и обслуживающие подсистемы.**

Система автоматизированного проектирования — автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования. САПР представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

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

Основная цель создания САПР — повышение эффективности труда инженеров, включая:

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

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.

По ГОСТ 23501.101-87, составными структурными частями САПР являются подсистемы, обладающие всеми свойствами систем и создаваемые как самостоятельные системы.

Каждая подсистема — это выделенная по некоторым признакам часть САПР, обеспечивающая выполнение конкретных функций и решений в проектных задачах и проектных документах.

Обслуживающие подсистемы - обеспечивают функционирование проектирующих подсистем, (оформление, передачу и вывод данных, сопровождение программного обеспечения и т. п.), их совокупность называют системной средой или оболочкой САПР.

Примером обслуживающими подсистемами являются:

- подсистемы управления проектными данными,
- обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР,
- подсистемы графического ввода-вывода, Система управления базами данных (СУБД).

Проектирующие подсистемы — подсистемы, реализующие определенный этап проектирования или группу связанных проектных задач.

Примерами проектирующих подсистем могут служить подсистемы геометрического трехмерного моделирования механических объектов.

## 19. Виды обеспечения САПР

Обеспечение САПР имеет несколько видов: математическое, программное, информационное, техническое, лингвистическое, методическое, организационное.

1. **Математическое обеспечение (МО)** включает в себя алгоритмы, по которым разрабатывается программное обеспечение; функциональные модели проектируемых объектов; методы численного решения задач; методы поиска экстремума. МО САПР делится на:

- математические методы и построение на их основе математических моделей объектов проектирования;
- формализованное описание технологии автоматизированного проектирования.

МО должно описывать во взаимосвязи объект, процесс и средства автоматизации проектирования.

2. **Программное обеспечение (ПО)** – это совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования. ПО делится на общесистемное и специальное (прикладное).

*Общесистемное ПО* создано для организации функционирования технических средств, т.е. планирования и управления вычислительным процессом, распределения имеющихся ресурсов. Общесистемное ПО близко по назначению к операционным системам.

*Специальное ПО* реализует математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур.

Специальное ПО, или прикладное ПО, имеет форму ППП.

Уровни программного обеспечения: машинный код, язык Ассемблера, языки высокого уровня (рис. 1.1).

3. **Информационное обеспечение САПР(ИО)**– это такие данные, которыми пользуется проектировщик в процессе проектирования для

выработки проектного решения. Это справочные данные о комплектующих изделиях, типовых проектных решениях, параметрах элементов, сведения о состоянии текущих разработок в виде промежуточных и окончательных проектных решений, структур и параметров проектируемых объектов. Совокупность данных, используемых в САПР, составляет информационный фонд. Основная функция ИО – это ведение фонда, обновление, сохранение и организация доступа к данным.

### Рис. 1.1. Иерархическая структура ПО

В состав ИО САПР входят:

- программные модули;
- исходные и результирующие данные для программных модулей;
- нормативно-справочная проектная документация, государственные и отраслевые стандарты, руководящие материалы и указания, типовые проектные решения, текущая проектная документация, отражающая ход и состояние выполнения проекта.

Различают следующие способы ведения ИО САПР:

- использование файловой системы;
- построение библиотек;
- использование БД;
- создание информационных программ адаптеров.

Применение файловой системы и построение библиотек широко распространено, так как поддерживается средствами операционной системы. Эти способы применяют при хранении программных модулей, диалоговых сценариев поддержки процесса проектирования, вводе крупных масштабов исходных данных, хранении текстовых документов. Однако они мало пригодны при оперативной обработке справочных данных.

Лингвистические средства системы управления базами данных изменяются от языков программирования до языков, ориентированных на конкретного пользователя.

Основные функции СУБД:

- создание схемы базы данных;
- организация хранения данных;
- защита целостности БД;
- поддержание загрузки БД;
- предоставление пользователям доступа к БД.

Создание информационных программ адаптеров – для организации межмодульного интерфейса. В САПР, программы которых оперируют с большим числом данных (входных, промежуточных, результирующих), области обмена удобно организовать в виде некоторого банка данных. Это позволяет часть функций, выполняемых адаптером, возложить на СУБД, что в итоге сокращает время на разработку информационного и программного обеспечения. Адаптер выполняет совокупность операций по организации информационного взаимодействия между программными модулями.

**4. Техническое обеспечение САПР.** Традиционное проектирование занимает 15% вычислительных операций. Для САПР необходимы специализированные средства, в основном это автоматизированное рабочее место (АРМ). АРМ – для решения сложных проектных задач в автономном режиме (для трех- и двухмерного представления объектов проектирования), инвариантные к различным видам объектов проектирования и для решения типовых инженерных, конструкторских и технологических задач.

**5. Лингвистическое обеспечение САПР,** основу которого составляют специальные языковые средства (языки проектирования), предназначенные для описания процедур автоматизированного проектирования и проектных решений. Проблемно-ориентированные языки – это Фортран, Си и др. Для решения геометрических задач инженерного типа ПОЯ соединяют в себе средства алгоритмического языка для решения математических задач и специальные языковые средства моделирования геометрических объектов.

Создаются ПОЯ по соответствующим областям применения (строительство, электроника и т.д.). Но чрезмерное разнообразие языков затрудняет обмен средствами САПР между предприятиями. Развитие гибких производственных систем требует тщательного решения вопросов по составу лингвистического обеспечения.

**6. Методическое обеспечение САПР**— это входящие в ее состав документы, регламентирующие порядок эксплуатации системы, носящие характер инструкций.

**7. Организационное обеспечение САПР**— положения, приказы, штатное расписание, квалификационные требования, регламентирующие организационную структуру подразделений с комплексом средств автоматизированного проектирования.



## 20. Центральный вычислительный комплекс.

Техническое обеспечение современных САПР имеет иерархическую структуру. Принято выделять следующие уровни:

- центральный вычислительный комплекс (ЦВК),
- автоматизированные рабочие места (АРМ),
- комплекс периферийного программно-управляющего оборудования.

Центральный вычислительный комплекс предназначен для решения сложных задач проектирования. ЦВК представляет собой ЭВМ средней или высокой производительности с типовым набором периферийных устройств. Возможно расширение этого набора некоторыми средствами обработки графической информации. Для повышения производительности в ЦВК могут использоваться многопроцессорные или многомашинные комплексы.

## 21. Автоматизированные рабочие места.

Техническое обеспечение современных САПР имеет иерархическую структуру. Принято выделять следующие уровни:

- центральный вычислительный комплекс (ЦВК),
- автоматизированные рабочие места (АРМ),
- комплекс периферийного программно-управляющего оборудования.

АРМ предназначены для решения сравнительно несложных задач и организации эффективного общения пользователя САПР с комплексом технических средств. Включает в свой состав мини-ЭВМ и (или) микро-ЭВМ, графические и символьные дисплеи, координатосъемщики, устройства символьного и графического документирования и другие с соответствующим базовым и прикладным программным обеспечением. Для некоторых АРМ характерен интерактивный режим работы с обработкой графической информации.

## 22. Этап проектирования.

Процесс проектирования делится на этапы.

**ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ** - условно выделенная часть процесса проектирования, состоящая из одной или нескольких проектных процедур. Обычно этап включает процедуры, которые связаны с получением описания в рамках одного аспекта и одного или нескольких уровней абстрагирования. Иногда в процессе проектирования выделяют ту или иную последовательность процедур под названием "маршрут проектирования".

Этапы, в свою очередь, делятся на процедуры и операции.

**ПРОЦЕДУРА** - формализованная совокупность действий, выполнение которых заканчивается проектным решением.

**ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ** - промежуточное или окончательное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончательного проектирования.

При проектировании возможны различные последовательности выполнения процедур и этапов.

Различают два способа проектирования (два типа маршрутов):

- восходящее проектирование,
- нисходящее проектирование.

**Восходящее проектирование** (снизу-вверх) имеет место, если проектируются типовые объекты, предназначенные для использования в качестве элементов во многих объектах на более высоких уровнях иерархии (например, серийные микросхемы, стандартные ячейки матричных больших интегральных схем).

**Нисходящее проектирование** охватывает те уровни, на которых проектируются объекты, ориентированные на использование в качестве элементов в одной конкретной системе.

Проектированию свойственен итерационный характер. При этом приближение к окончательному варианту осуществляется путем многократного выполнения одной и той же последовательности процедур с корректировкой исходных данных. Итерации могут охватывать различные

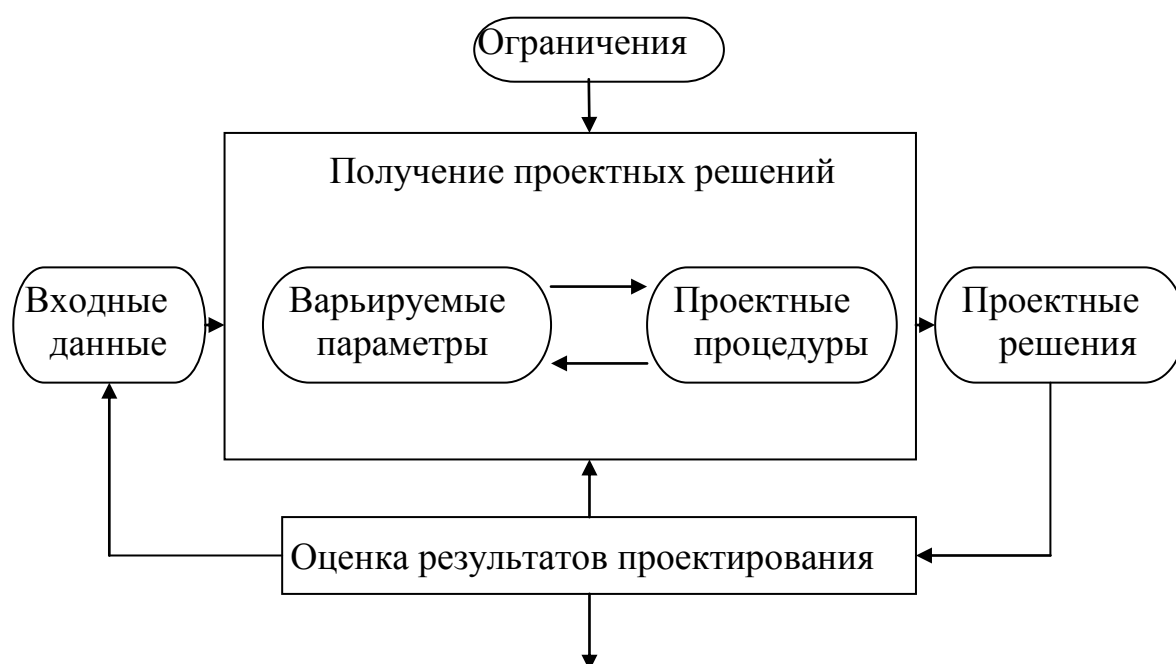
части проектирования, включающие как несколько операций, так и несколько этапов.

## 23. Проектное решение.

**ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ** - промежуточное или окончательное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончательного проектирования.

Процесс проектирования реализуется в подсистемах в виде определенной последовательности проектных процедур и операций. Проектная процедура соответствует части проектной подсистемы, в результате выполнения которой принимается некоторое проектное решение. Она состоит из элементарных проектных операций, имеет твердо установленный порядок их выполнения и направлена на достижение локальной цели в процессе проектирования. Под проектной операцией понимают условно Выделенную часть проектной процедуры или элементарное действие, совершаемое конструктором в процессе проектирования. Примерами проектных процедур могут служить процедуры разработки кинематической или компоновочной схемы станка, технологии обработки изделий и т. п., а примерами проектных операций — расчет припусков, решение какого-либо уравнения и т. п.

Основным блоком в схеме процесса автоматизированного проектирования (рис. 1) является блок проектных решений. В зависимости от полноты формализации наших знаний в конкретной предметной области проектное решение может быть выполнено автоматически или в интерактивном режиме. На основе входных данных и ограничений (независимые параметры проектирования) блок изменяет варьируемые параметры (факторы решения) до получения приемле-



## Выходная документация

Рис. 1. Схема процесса автоматизированного проектирования

мых проектных решений (зависимых переменных).

Результаты проектирования должны быть представлены в виде, удобном для восприятия человеком, и содержать информацию, на основе которой инженер мог бы вынести суждение о результатах проектирования.

Если проектное решение утверждается, то оформляется требуемая выходная документация; если необходима корректировка проекта, инженер, уточняя варьируемые параметры, в интерактивном режиме добивается нужных результатов; когда же проектно-конструкторский процесс не приводит к намеченной цели, необходимо уточнить входные данные и ограничения.

## **24. Взаимодействие разработчиков мехатронных систем с системой автоматизированного проектирования.**

Проектирование мехатронных систем представляет собой многоэтапный процесс (итеративный). В ходе проектирования последовательно уточняется и детализируется описание будущего изделия. Этот процесс предполагает наличие многих уровней описания. На рис. 6 изображен процесс проектирования в виде совокупности основных этапов и переходов между ними, показаны основные виды документации, получаемые при выполнении этапов.

Например, эскизный проект является результатом эскизного проектирования. С другой стороны, эскизный проект служит исходным документом для технического проектирования.

Переходы от одних этапов проектирования к другим в направлении сверху вниз естественны и соответствуют нормальному ходу. Переходы в противоположных направлениях возникают, когда на последующих стадиях проектирования выявляется невозможность практической реализации решений, принятых на предшествующих этапах. Это заставляет проектировщиков пересматривать ранее принятые решения. Иногда ошибки проявляются на этапах изготовления серийной продукции или даже в ходе эксплуатации.

## 25. Операции, процедуры и этапы проектирования.

Процесс проектирования делится на этапы.

**ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ** - условно выделенная часть процесса проектирования, состоящая из одной или нескольких проектных процедур. Обычно этап включает процедуры, которые связаны с получением описания в рамках одного аспекта и одного или нескольких уровней абстрагирования. Иногда в процессе проектирования выделяют ту или иную последовательность процедур под названием "маршрут проектирования".

Этапы, в свою очередь, делятся на процедуры и операции.

**ПРОЦЕДУРА** - формализованная совокупность действий, выполнение которых заканчивается проектным решением.

**ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ** - промежуточное или окончательное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончательного проектирования.

При проектировании возможны различные последовательности выполнения процедур и этапов.

Различают два способа проектирования (два типа маршрутов):

- восходящее проектирование,
- нисходящее проектирование.

**Восходящее проектирование** (снизу-вверх) имеет место, если проектируются типовые объекты, предназначенные для использования в качестве элементов во многих объектах на более высоких уровнях иерархии (например, серийные микросхемы, стандартные ячейки матричных больших

**Нисходящее проектирование** охватывает те уровни, на которых проектируются объекты, ориентированные на использование в качестве элементов в одной конкретной системе.

Проектированию свойственен итерационный характер. При этом приближение к окончательному варианту осуществляется путем многократного выполнения одной и той же последовательности процедур с корректировкой исходных данных. Итерации могут охватывать различные части проектирования, включающие как несколько операций, так и несколько этапов



## **Вопрос 25 операции, процедуры и этапы проектирования**

Проектная процедура — формализованная совокупность действий, выполнение которых оканчивается проектным решением. *Проектное решение* — это промежуточное или окончательное описание объекта проектирования, необходимая и достаточная для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования.

Проектная операция — это действие или совокупность действий, составная часть проектной процедуры, алгоритм которых остается неизменным для ряда проектных процедур.

### **Этапы проектирования**

Этап проектирования — условно выделяемая часть процесса проектирования, состоящая из одной или нескольких проектных процедур.

Иногда в процессе проектирования выделяют последовательность процедур или этапов под названием маршрутного проектирования.

В зависимости от того в какой последовательности выполняются процедуры или этапы, различают два способа проектирования или два типа маршрутов:

- 1) Восходящее проектирование — это проектирование снизу вверх, осуществляет в случае выполнения процедуры низких иерархических уровней, предшествует выполнению процедур относящимся к более высоким иерархическим уровням.
- 2) Нисходящее проектирование — это проектирование сверху вниз, и характеризуется противоположной последовательностью выполнения процедур и этапов. Типичная последовательность этапов исходящего проектирования радиоэлектронной аппаратуры, включает в себя системно-техническое проектирование — это анализ тактико-технических требований на проектировании комплекс определенных основ принципов функционирования, разработка структурных схем.
- 3) Схемотехническое проектирование — это разработка функциональных и принципиальных схем.
- 4) Конструкторское проектирование — это выбор формы компоновки и размещения конструктивов трассировка межсоединений, изготовления конструктивов документации.
- 5) Технологическое проектирование — это разработка маршрутов и технологической базы выбора оснастки.

Типичная последовательность восходящего проектирования БИС включает в себя:

**Приборно-технологическое проектирование** — это выбор базовой технологии, расчёт диффузии профиля, выбор топологии компонентов.

Схемотехническое проектирование — это синтез принципиальной электрической схемы, оптимизация параметров элементов, статистический анализ применительно к типовым ячейкам БИС

Функционально-логическое проектирование — это синтез комбинационных схем, реализация памяти, синтез контролирующих и проверяющих тестов.

Конструктивно-технологическое проектирование — это размещение элементов, трассировка межсоединений, проверка соответствия топологических и электрических схем, расслоение, вычерчивание послойной топологии.

В случае матричных БИС первые 2 этапа относят к проектированию БМК, а последние 2 этапа к проектированию к каждой конкретной БИС.

## **Вопрос 26 Технические задания САПР**

*Техническое задание* (ТЗ) является исходным и обязательным документом для создания, приемки или сдачи системы и должно содержать все исходные данные и требования, необходимые для создания САПР. Техническое задание на создание САПР разрабатывает организация - разработчик системы с учетом выполнения предпроектных исследований на основе требований заказчика. Оно согласовывается с организацией - пользователем САПР и по необходимости с другими заинтересованными организациями.

Техническое задание на создание САПР содержит следующие разделы:

1. Наименование и основание разработки. Дается наименование образца технологического оборудования и указывается договор или иной документ, в соответствии с которым принято решение о разработке образца (опытного, опытно-промышленного и т.п.).
2. Цель, назначение и область применения разработки. Конкретизируется степень совершенствования технологического процесса изготовления требуемой продукции, повышения производительности оборудования, сокращения обслуживающего персонала, сокращения производственных площадей, улучшения условий труда и культуры производства. Формулируется назначение разрабатываемого образца и возможности его использования на предприятиях отрасли.
3. Источники разработки. К ним относятся технологические процессы; исходные данные заказчика; промышленные каталоги отечественного и зарубежного оборудования; авторские свидетельства; отчеты по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам и патентным исследованиям; результаты изучения действующей технологии и выполненных научно-исследовательских и экспериментальных работ; техническая литература.
4. Технические требования. В них отмечают состав оборудования и требования к его конструктивному устройству, а именно, наименование, количество и назначение основных конструктивных частей.

В технических требованиях фиксируются основные параметры, размеры и характеристики образца оборудования, а именно, его номинальная и гарантируемая фактическая производительности, время прохождения предметов обработки внутри оборудования; предельные величины основных габаритных размеров и массы оборудования, высоты траектории потока предметов обработки; максимально допустимые расходы воздуха, воды или

других технологических сред, максимально потребляемая или установленная электрическая мощность и др.

С точки зрения надежности конструкция образца оборудования и его исполнение должны обеспечить определенные регламентируемые значения параметров надежности, периодичности выполнения смазочных, ремонтных и иных регламентных работ.

Технические требования содержат условия, которым должна удовлетворять продукция, изготавливаемая на технологическом оборудовании.

В требованиях к конструктивному устройству указываются требования к основным конструктивным частям оборудования. Например, электрическая часть оборудования должна быть выполнена в соответствии с действующими «Правилами устройств электроустановок» (ПУЭ) для соответствующего класса производственных помещений. Например, для условий мукомольного производства все электрооборудование и элементы электроавтоматики технологических машин по условиям защиты от поражения током должны удовлетворять требованиям эксплуатации их в помещениях с повышенной опасностью. Установку электроаппаратуры необходимо выполнять во взрывозащищенном исполнении.

В создаваемом оборудовании должна быть максимально сокращена номенклатура применяемых материалов, покрытий, крепежа и подшипников, что отражается в требованиях к уровню унификации и стандартизации.

При разработке конструкции технологического оборудования необходимо выполнить требования безопасности.

Необходимо соблюдать эстетические и эргономические требования, обеспечивающие удобство обслуживания и безопасность эксплуатации оборудования.

При формулировании технических требований к исходным материалам оговариваются возможные к применению конструкционные материалы и покупные изделия, а также требования к антикоррозионным покрытиям и окраске. Особо оговариваются требования к составным частям линии, сырью, исходным и эксплуатационным материалам. Все применяемые материалы должны удовлетворять требованиям чертежей, стандартов и техническим требованиям. Могут отмечаться ограничения на оборудование, используемое при изготовлении проектируемых деталей и сборочных единиц, обусловленные их конструкцией, массой, габаритами, и ограничение на коэффициент использования металла (КИМ) для опытного образца создаваемого оборудования.

В технических требованиях указываются условия эксплуатации и требования к техническому обслуживанию разрабатываемого технологического оборудования.

Указываются требования к маркировке и упаковке, транспортированию и хранению, а также условия поставки образца разрабатываемого оборудования, правила испытаний и приемки оборудования заказчиком.

5. Экономические показатели, устанавливающие предельные объемы материальных и финансовых затрат при создании образца оборудования, например, лимитную цену образца.

6. Стадии и этапы разработки образца, сроки которых оговариваются в техническом задании.

Техническое задание на разработку оборудования может содержать в приложении отчет о проведенных патентно-информационных исследованиях с заключением о патентной чистоте и перспективе патентной защиты разрабатываемой конструкции оборудования.

Техническое задание утверждается представителем заказчика и является основанием для последующей разработки технического проекта.

В процессе проектирования необходимо выявить основные параметры линии и добиться их конструктивного и организационного обеспечения. Начальная стадия проектирования - техническое предложение - ответ проектировщика на задачи, требования и ограничения, приведенные в техническом задании.

Изложение и оформление ТЗ на САПР выполняют в соответствии с РД 50—459—84.

## **Целью работ на стадии технического проекта**

является разработка окончательных технических решений, дающих полное представление о создаваемых САПР или подсистем САПР с заданными функциями и техническими характеристиками.

В техническом проекте устанавливается структура системы, состав подсистем и компонентов САПР и связей между ними; составляются технические задания на создание или адаптацию компонентов технического, программного и информационного обеспечения.

Технический проект. Цель проведения работ на этой стадии—принятие окончательных решений, дающих полное представление о создаваемой САПР. Стадия в общем случае включает следующие этапы:

Этап 1. Разработка окончательных решений по общесистемным вопросам определяет окончательный состав подсистем, взаимодействия между ними, а также взаимодействие САПР с другими системами и уточняет функциональную схему САПР (подсистемы). Принимают окончательные решения по составу проектных процедур и операций автоматизированного процесса с обеспечением взаимодействия и совместимости процессов автоматизированного и неавтоматизированного проектирования.

Этап 2. Разработка решений по организационному обеспечению САПР включает определение окончательной структуры организационного обеспечения САПР (подсистемы), исходных данных и требований на разработку документов организационного обеспечения, составление плана мероприятий по подготовке организации-пользователя к вводу в действие САПР. План мероприятий содержит состав работ по классификации и кодированию технико-экономической информации и созданию информационной базы, работы по созданию и развитию службы САПР и подразделений-пользователей в организации, по подготовке специалистов-пользователей и обслуживающего персонала, приобретению и монтажу технических средств, а также другие работы, связанные с необходимостью ввода в действие и функционирования САПР.

Этап 3. Разработка решений по техническому обеспечению включает определение окончательной структуры комплекса технических средств САПР, описание взаимодействия и расчет их производительности.

Этап 4. Разработка решений по математическому обеспечению включает разработку или выбор алгоритмов проектных процедур и операций для программирования.

Этап 5. Разработка решений по информационному обеспечению включает определение окончательной структуры информационного обеспечения САПР (подсистемы), разработка (заимствование и адаптация) банка данных, определение состава информации, разработка каталогов данных, представляемых на машинных носителях.

Этап 6. Разработка решений по лингвистическому обеспечению включает разработку или заимствование языков проектирования и программирования.

Этап 7. Разработка решений по программному обеспечению включает определение окончательной структуры программного обеспечения САПР (подсистемы), разработку (заимствование и адаптация) общесистемного программного обеспечения, формирование исходных данных и требований на разработку прикладных программ.

Этап 8. Разработка решений по методическому обеспечению определяет исходные данные и требования на разработку документов методического обеспечения САПР.

Этап 9. Разработка проектно-сметной строительной документации включает определение требований к объектам строительства, составление заданий и проектной документации на строительство, включая технические задания на строительные электротехнические, санитарно-технические и другие подготовительные работы для монтажа технических средств.

Этап 10. Согласование решений по связям видов обеспечения между собой включает определение требований, которые необходимо выдержать при разработке компонентов САПР по видам обеспечения, чтобы обеспечить совместимость при их взаимодействии, а также разработку общесистемной документации на САПР в целом.

Этап 11.. Составление заказной документации на поставляемые компоненты и комплексы средств включает оформление соответствующих заявок или технических заданий на их разработку.

Результатом работ на стадии являются следующие документы: ведомость технического проекта; пояснительная записка; задание (задания) на строительные, электротехнические, санитарно-технические и другие подготовительные работы; техническое задание (на программу); план мероприятий по подготовке организации-пользователя к вводу в действие; описание проектной операции (процедуры).

***Вопрос 28,29 Изготовление, отладка и испытание САПР (беда с этими вопросом в инете)***

На стадии изготовления, отладки и испытаний САПР проводятся следующие работы. Изготавливаются, приобретаются и отлаживаются все компоненты технического, программного и информационного обеспечения САПР. Выполняются подготовительные работы по вводу в действие САПР, включая строительно-монтажные работы и специальное обучение пользователей САПР. Осуществляют монтаж, наладку и испытания *комплекса средств автоматизации проектирования* сначала для отдельных подсистем, а затем для САПР в целом.



### 30. ART-формат.

Тип файла: AOL Compressed Image File

Разработчик: AOL

Категория: Растровые изображения

Файл побитового изображения, сжимаемый в America Online (AOL). Хранится в собственном формате, который не распознает большинство программ просмотра изображений. Может открываться в America Online, если выбрать опции "File→Open..."

Тип файла: Art Document

Категория: Векторные изображения

Файл изображения, который может создаваться в нескольких различных программах черчения. Обычно является векторной графикой и использует точки, вершины и линии для представления изображения вместо точек побитового изображения. Применяется также различными программами клипартов.

АРТ является собственностью формат файла изображения используется в основном в America Online (AOL) обслуживания и клиентской программного обеспечения .

Формат АРТ ( расширение файла ". искусство») проводит единую еще изображение , что было высоко сжатый . Этот формат был разработан, чтобы облегчить быстрый загрузку изображений, между прочим. [1] Первоначально, сжатия был разработан Джонсон-Grace Company , [2] , который затем приобретена AOL. [3] Когда изображение преобразуется в формате ART, изображение анализируется и программное

обеспечение решает, что метод сжатия будет лучше. [2] Формат АРТ имеет сходство с прогрессивной JPEG формате, и некоторые атрибуты формате АРТ может привести к качество изображения в жертву для ради сжатия изображений (например, цветовая палитра сторон изображения может быть ограничено.) [1]

Служба AOL используется формат изображения АРТ в течение большей части представления изображения веб-службы. Кроме того, веб-браузер клиента AOL также автоматически подается таких изображений в формате АРТ для достижения более быстрой загрузки на медленных соединениях коммутируемого, которые были распространены в те дни. [4] Это преобразование было сделано в AOL прокси-серверов и может быть опционально отключено пользователем. Этот процесс преобразования изображений эффективно сократить время для файлов изображений скачать. Эта технология была когда-то заклеямили как Turboweb и теперь известен как AOL TopSpeed. [4]

Программное обеспечение Graphic Workshop Professional от Alchemy Mindworks корпорации поддерживает АРТ файлы. [5] (с более поздними версиями программного обеспечения Graphic Workshop Professional, АРТ плагин от Alchemy Mindworks требуется для этой поддержки.) [5] Для Windows 2000 платформы, Microsoft не выпустила улучшает имидж обновление AOL, которая добавила поддержку АРТ изображений. [6] Internet Explorer браузера больше не поддерживает АРТ файлы в 2006 году. [7] В июне 2006 года Microsoft выпустила обновление безопасности для браузера Internet Explorer. [7] Среди прочего, это обновление удалить поддержку АРТ файлов из браузера Internet Explorer, чтобы помочь предотвратить проблемы, где неверные данные АРТ могут привести программное обеспечение Internet Explorer неожиданно выйти из строя. [7] файл АРТ, который открывается с изображением AOL Зритель может быть сохранен как файл другого типа.



### **30 .Система сквозного проектирования.**

Смысл сквозной технологии состоит в эффективной передаче данных и результатов конкретного текущего этапа проектирования сразу на все последующие этапы. Это нужно для того, чтобы на необходимом уровне качества выполнить какой-либо из этапов проектирования. Разработчику часто не хватает регламентированной информации от предыдущего этапа и необходима более полная и разнообразная информация, которая могла быть сформулирована на одном из ранних этапов проектирования (не обязательно на соседнем). У разработчиков, выполняющих различные этапы проектирования, может быть одновременно с первым этапом проектирования получено техническое задание и таким образом, все разработчики могут одновременно начать продумывать как более успешно реализовать свой этап. Данная технология базируется на модульном построении САПР, на использовании общих баз данных и баз знаний, и характеризуется широкими возможностями моделирования и контроля на всех этапах проектирования. Сквозные САПР как правило являются интегрированными, т.е. имеют альтернативные алгоритмы реализации отдельных проектных процедур.

Сама по себе технология сквозного проектирования не нова, и ее поддержка реализована во всех современных САПР.

Смысл сквозной технологии проектирования состоит в эффективной передаче данных и результатов конкретного текущего этапа проектирования сразу на все последующие этапы. В САД-системах технология сквозного проектирования осуществляется за счет использования разделения графической информации (проектирование с использованием слоев) и возможности использования ссылочных файлов.

Совершенно очевидно, что, к примеру, архитектурные чертежи поэтажных планов необходимо использовать в качестве подосновы для планов вентиляции, электрики и т.п., и это позволяет:

Избежать повторного вычерчивания одной и той же информации разными специалистами при проектировании;

Контролировать и своевременно реагировать на возникающие коллизии при внесении изменений между специальностями;

Подключать смежные специальности на более ранних этапах, не дожидаясь окончания проектирования предыдущего этапа, что в конечном итоге позволяет сокращать общую продолжительность проектирования.

При использовании сквозного проектирования файлы САПР ссылаются на другие файлы проекта. Соответственно PDM-система должна обеспечивать работоспособность этих ссылок при открытии файла в САПР, т.е. поддерживать ссылочную целостность. Для PDM-систем это всегда являлось серьезной проблемой. Как правило, решалась она либо разбором состава файла и выявлением ссылок с помощью интеграторов, либо хранением ссылок непосредственно в PDM-системе. Эти способы работоспособны лишь в ограниченных случаях, поэтому в ЛОЦМАН:ПГС реализован новый принцип поддержки ссылочной целостности, который гарантированно предоставляет любой САПР доступ ко всем файлам проекта. Кроме того, ЛОЦМАН:ПГС имеет ряд дополнительных сервисов по сравнению с файловой системой, которые открывают новые возможности для использования сквозного проектирования:

—отслеживание изменений файлов в реальном времени с возможностью, контролировать как собственные изменения файлов, так и изменения, сделанные другими участниками проектирования;

—разграничение прав доступа к файлам с возможностью быстрого и удобного изменения прав доступа, назначенных по умолчанию;

—автоматическое создание истории изменения файлов с возможностью в любой момент откатиться к предыдущим версиям. История изменений отображается в графическом виде, что обеспечивает быстрый визуальный поиск необходимых версий файла.

### 32.Скетч и фичерс.

**Фичерсы** – интеллектуальное конструирование элементов, которые помнят о своем окружении независимо от внесенных изменений.

**Фичерсы** – привычные пользователю конструкционно-технические элементы, такие как отверстия, фаски, скругления, ребра жесткости, центр. отверстия, канавки. **Фичерсы** – являются параметризованными объектами, определенным образом привязанные к определенному геометрическому контексту. При модификации модели привязка сохраняется, с соответствующей корректировкой фичерсов. Конструкционные элементы могут принимать любые очертания, приобретая будущую геометрию. Они содержат также знания о своем окружении, т.е. информацию о том, как они соотносятся друг с другом. Т.к. конструкционные формы помнят о своем окружении, при изменении любой из них могут изменяться геометрия и топология модели в целом. Это означает, что можно автоматически создавать любой объект и элемент (фаски, скругления), просто указывая их местоположение. После этого оно остается привязанным к грани при любом ее перемещении.

**Фичерсы** – интеллектуальные конструкции, объектно-ориентированные операции, объекты, методы или категории.

Параметрические модели в отличие от жестко-размерных, не стандартизированы. Нынешние трансляторы IGES и STEP не работают с описаниями ограниченных условий и историй. Эта информация теряется при переносе из одной системы в другую, и поскольку параметризация модели основана на истории построения, последующее редактирование создаваемых объектов становится затруднительным.

Программы с реализацией фичерсов: Pro/Engineer (PTC), CADD5(CV), T-Flex.

Скетч ( в переводе с английского-эскиз) Трехмерное моделирование в системе КОМПАС-3D базируется

на понятиях эскиза и операций над эскизами. Эскиз - плоская фигура, на основе которой образуется объемный элемент. Операция - формообразующее перемещение эскиза, в результате которого образуется

объемный элемент. В условиях производства и при проектировании иногда возникает необходимость в чертежах временного или разового пользования, получивших название эскизов.

Эскиз – чертеж временного характера, выполненный, как правило, от руки (без применения чертежных инструментов), на любой бумаге, без соблюдения масштаба, но с сохранением пропорциональности элементов детали, а также в соответствии со всеми правилами и условностями, установленными стандартами.

Эскиз, как и чертеж, должен содержать:

- минимальное, но достаточное количество изображений (видов, разрезов, сечений), выявляющих форму детали;
- размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости поверхности и другие дополнительные сведения, которые не могут быть изображены, но необходимы для изготовления детали;
- основную надпись по форме 1 (ГОСТ 2.104-2006).

Эскиз каждой детали выполняется на отдельном форматном листе (ГОСТ 2.301-68).



Имеющиеся на детали дефекты (например, дефекты поковки или литья, неравномерная толщина стенок, смещение центров, раковины, неровности краев и др.) на эскизе не отражают.

Для литых деталей в технических требованиях, помещаемых над основной надписью, записывают неуказанные на чертеже радиусы скруглений и уклоны. В основной надписи чертежа указывается наименование детали в именительном падеже и единственном числе. Если наименование состоит из нескольких слов, вначале ставится существительное, а затем пояснительные слова, например: «Колесо зубчатое». Последовательность выполнения эскизов

При выполнении эскизов и рабочих чертежей следует руководствоваться ГОСТ 2.109-73 "Основные требования к чертежам". Внимательно осмотреть деталь, уяснить ее конструкцию, назначение, технологию изготовления и определить название. Проанализировать форму детали путем мысленного расчленения ее на простейшие геометрические тела, т.к. любая деталь представляет собой различные сочетания простейших геометрических форм: призм, пирамид, цилиндров, конусов, сфер, торов и т.п.

Определить минимальное, но достаточное количество изображений (видов, разрезов, сечений), необходимых для полного выявления конструкции детали.

Для деталей типа тел вращения, а также для деталей типа валов и втулок с резьбой достаточно одного изображения. Если на таких деталях имеются отверстия, срезы, пазы, то главное изображение дополняют одним или несколькими видами, разрезами, сечениями, которые выявляют форму этих элементов, а также выносными элементами. Для тонких плоских деталей любой формы достаточно одного изображения. Толщину материала указывают на полке линии-выноски с указанием символа "S" (толщины) перед ее цифровым обозначением (рисунок 190).

Особое внимание уделяется выбору главного вида. Он должен давать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

Главный вид детали выбивают с учетом технологии ее изготовления. Для деталей типа шкивов, колес главным изображением является фронтальный разрез, его выполняют полностью, это облегчает нанесение размеров. Детали типа винтов, болтов, валиков изготавливают на токарных станках или автоматах, поэтому располагают их так, что ось была параллельна основной надписи.

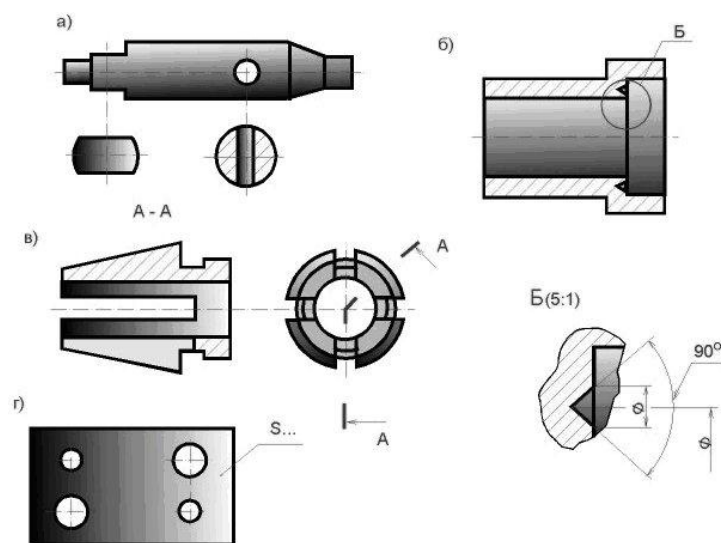


Рисунок 190 - Примеры дополнительных изображений на эскизах

Выбрать в соответствии с ГОСТ 2.301-68 формат листа, выполнить на нем рамки и основную надпись. Размер формата выбирают в зависимости от сложности и размеров детали, так чтобы было использовано не менее 75% пространства листа. Изображение должно быть таким, чтобы не затруднялись чтение эскиза и простановка размеров. Наметить тонкими сплошными линиями габаритные прямоугольники для будущих изображений с расчетом равномерного использования поля формата. Провести осевые линии. Обозначить тонкими сплошными линиями видимый контур детали, начиная с основных геометрических форм и сохраняя на всех изображениях

проекционную связь и пропорцию элементов детали. Вычертить тонкими линиями выбранные разрезы и сечения. Изобразить канавки, фаски, скругления и т.п. Заштриховать разрезы и сечения. Обозначить шероховатость поверхностей, руководствуясь ГОСТ 2.309-73. Удалить лишние линии, обвести эскиз, соблюдая соотношение толщины различных типов линий в соответствии с ГОСТ 2.303-68. Нанести выносные и размерные линии, стрелки, проставить знаки диаметров, радиусов, уклонов и конусности, обозначить разрезы и сечения. Провести обмер детали и вписать размерные числа.

Заполнить основную надпись и записать технические требования. Внимательно проверить эскиз и устранить ошибки и погрешности.

#### Обмер деталей

Вообще в машиностроении технические измерения являются одной из важнейших основ производства. Ни одна техническая операция не выполняется без измерения размеров. Основными инструментами для обмера деталей являются: линейка стальная, кронциркуль, нутромер, штангенциркуль, микрометр, угломер, радиусомер и резьбомер.

### 33 .CAD-системы

#### CAD – computer Aided Design (САПР)

Общий термин для обозначения всех аспектов проектирования с использованием средств вычислительной техники. Обычно охватывает создание геометрических моделей изделия. (Твердотельные, 3D). А также генерацию чертежных изделий и их сопровождений. Следует отличать что этот термин САПР по отношению промышленным системам имеет более широкое толкование чем CAD. Он включает в себя как CAD так и CAM и CAE.

#### Структура CAD/CAM систем

##### Программное обеспечение

Как правило, машиностроительные САПР имеют многомодульную структуру. В составе развитых САПР имеются следующие подсистемы:

Геометрическое (графическое) ядро. Геометрическое ядро реализует основные операции и процедуры геометрического моделирования.

Подсистема двумерной (2D) графики, используемая прежде всего для получения чертежной документации.

Подсистема 3D твердотельного (объемного) моделирования. Именно в ней реализуются процедуры конструктивной геометрии с использованием базовых элементов формы.

Подсистема 3D поверхностного моделирования, используемая для проектирования деталей со сложными поверхностями (лопатки турбин, корпуса самолетов, автомобилей, кораблей и т.п.) и иногда называемая подсистемой промышленного дизайна.

Специализированные модули, ориентированные на проектирование изделий определенного типа, например,

штампов, деталей из листовых материалов, литых изделий и т.п.

Подсистема САМ для проектирования технологических процессов, синтеза программ для оборудования с ЧПУ, моделирования механической обработки и т.п.

База данных, включая архивные и справочные подсистемы.

Подсистема инженерного анализа, включающая программы типа Ansys и Adams для моделирования изделий на микро- и макроуровнях.

Подсистема импорта и экспорта (обмена) данных с поддержкой ряда используемых графических форматов.

Подсистема PDM управления данными и проектированием.

Функции САД-систем в машиностроении подразделяют на функции двухмерного (2D) и трехмерного (3D) проектирования. К функциям 2D относят черчение, оформление конструкторской документации; к функциям 3D — получение трехмерных геометрических моделей, метрические расчеты, реалистичную визуализацию, взаимное преобразование 2D и 3D моделей. Трехмерные модели представляют в виде описания поверхностей, ограничивающих деталь, или указанием элементов пространства, занимаемых телом детали. Модели поверхностей сложной формы получают с помощью разновидностей кинематического метода, к которым относят вытягивание заданного плоского контура по нормали к его плоскости, протягивание контура вдоль произвольной пространственной кривой, вращение контура вокруг заданной оси, натягивание поверхности между несколькими заданными сечениями. В случае построения скульптурных поверхностей, проходящих через заданные точки пространства, применяют модели в форме Безье, а при требованиях высокой гладкости поверхности — модели в форме В-сплайнов. Синтез моделей сборок выполняют применением операций позиционирования и теоретико-множественных операций пересечения, объединения,

вычитания к библиотечным элементам и вновь созданным моделям комплектующих деталей. В ряде систем предусмотрено также выполнение операций компоновки и размещения оборудования, проведения соединительных трасс и т.п.

К важным характеристикам CAD-систем относятся параметризация и ассоциативность. Параметризация подразумевает использование геометрических моделей в параметрической форме, т.е. при представлении части или всех параметров объекта не константами, а переменными. Параметрическая модель, находящаяся в базе данных, легко адаптируется к разным конкретным реализациям и потому может использоваться во многих конкретных проектах. При этом появляется возможность включения параметрической модели детали в модель сборочного узла с автоматическим определением размеров детали, диктуемых пространственными ограничениями. Эти ограничения в виде математических зависимостей между частью параметров сборки отражают ассоциативность моделей.

Параметризация и ассоциативность играют важную роль при проектировании конструкций узлов и блоков, состоящих из большого числа деталей. Действительно, изменение размеров одних деталей оказывает влияние на размеры и расположение других. Благодаря параметризации и ассоциативности изменения, сделанные конструктором в одной части сборки, автоматически переносятся в другие части, вызывая изменения соответствующих геометрических параметров в этих частях.

Корректные синтез и редактирование 3D твердотельных моделей изделий возможны с помощью нескольких методов. Наиболее очевидный метод — задание проектировщиком изделия ограничений и условий, накладываемых на параметры модели и отражающих требования непересечения тел, соосности отверстий, компланарности, перпендикулярности и т.п. В большинстве современных MCAD используется метод, основанный на использовании дерева построения модели. Деревом построения называют историю моделирования сборки, другими словами,

последовательность операций создания модели, упорядоченную по времени их совершения. Согласно этому методу внесение изменений в ту или иную часть модели подразумевает переход в ту вершину дерева, которая соответствует изменяемой части, и после внесения изменений повторное выполнение всех последующих операций синтеза.

Третий способ - синхронное моделирование, основанное на автоматическом определении, благодаря применению экспертных систем, тех ограничений, которые в первом методе задаются пользователем. В результате упрощается работа конструктора, не требуются затраты времени на перестроение дерева модели.

### 34.СAM-системы

CAM – Computer Aided Manufacturing. Общий термин для обозначения системы автоматизированной подготовки производства, общий термин для обозначения ПС подготовки информации для станков с ЧПУ. Традиционно исходными данными для таких систем были геометрические модели деталей, полученных из систем CAD.

Основные функции САМ-систем: разработка технологических процессов, синтез управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ, моделирование процессов обработки, в том числе построение траекторий относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки, генерация постпроцессоров для конкретных типов оборудования с ЧПУ, расчет норм времени обработки.

Исходными данными для составления программ для станков с ЧПУ являются результаты конструкторского проектирования, поступающие из CAD. Но возможно программирование и при наличии в качестве исходных данных лишь чертежа детали и параметров технологического процесса.

При программировании определяют и кодируют геометрию заготовки, траектории движения подвижных органов станка и параметры обработки. Для этих целей используют специализированные языки, примером которых может служить язык АРТ (Automatically Programmed Tools), относящийся к языкам высокого уровня. В языке АРТ имеются следующие группы команд:

идентифицирующие — для указания названия обрабатываемой детали и типа используемого постпроцессора;

геометрические — для указания геометрических особенностей детали;



управляющие перемещениями режущего инструмента;

управляющие режимами обработки (определяющие скорость подачи, скорость вращения шпинделя, включение охлаждения и т.п.);

дополнительные (например, выбор инструмента).

Примеры команд АРТ:

P5 = POINT/0.0. 2.5. 0.4 — задание точки P5 с координатами X=0, Y=2,5, Z=0,4.

GOTO/P7 — перемещение в точку P7.

FEDRAT/6.0 — задание скорости подачи 6 дюйм/мин.

Полученный исходный код на языке АРТ преобразуется в программу перемещений инструмента, управления подачей и т.п., представляемую в виде аппаратно независимого файла CLData (Cutter Location Data). Файл CLData поступает в постпроцессор, который переводит программу на язык, требуемый для конкретного типа контроллера. Этими языками пользуются не профессиональные программисты, а заводские технологи, поэтому желательно, чтобы языки были достаточно простыми, построенными на визуальных изображениях ситуаций. Во многих системах дополнительно используются различные схемные языки. Ряд языков стандартизован и представлен в международном стандарте ИЕС 1131-3.

Особое место в CAD/CAM-системах занимает процедура прототипирования — изготовления прототипов деталей или шаблонов, по которым детали будут изготавливаться. Прототипирование — непосредственная реализация разработанной геометрической модели.

Для прототипирования широко используется стереолитография, основанная на построении трехмерного объекта из ряда слоев фотополимера, избирательно отверждаемого при облучении.

Процесс стереолитографии реализуется с помощью установки, в которой имеется ванна с жидким полимером и

вертикально перемещаемая платформа. Платформа при формировании очередного слоя прототипа располагается ниже поверхности жидкого полимера на толщину одного слоя. Луч лазера перемещается по участку поверхности, повторяющему форму сечения прототипа. Этот участок затвердевает. Последовательно слой за слоем, начиная с нижнего слоя, формируется твердый прототип.

Процесс стереолитографии может быть использован для окончательного изготовления детали, если для нее полимер является подходящим материалом.

Наряду с стереолитографией используются и другие способы прототипирования, например, ламинирование (LOM — Laminated Object Manufacturing), основанное на последовательном склеивании слоев рабочего материала, поступающего в форме рулона. В установке ламинирования лазер вырезает слой по форме требуемого сечения.

### 35. CAE-системы

CAE – Computer Aided Engineering. Система автоматического анализа проекта. Общий термин для обозначения информационного обеспечения условий автоматизированного анализа проекта, имеет целью обнаружение ошибок(прочностные расчеты) или оптимизация производственных возможностей.

Функции CAE-систем довольно разнообразны, так как связаны с проектными процедурами анализа, моделирования, оптимизации проектных решений. В состав машиностроительных CAE-систем прежде всего включают программы для выполнения следующих процедур:

моделирование полей физических величин, в том числе анализ прочности, который чаще всего выполняется в соответствии с МКЭ;

расчет состояний моделируемых объектов и переходных процессов в них средствами макроуровня;

имитационное моделирование сложных производственных систем на основе моделей массового обслуживания и сетей Петри.

Основными частями программ анализа с помощью МКЭ являются библиотеки конечных элементов, препроцессор, решатель и постпроцессор.

Библиотеки конечных элементов (КЭ) содержат модели КЭ — их матрицы жесткости. Очевидно, что модели КЭ будут различными для разных задач (анализ упругих или пластических деформаций, моделирование полей температур, электрических потенциалов и т.п.), разных форм КЭ (например, в двумерном случае — треугольные или четырехугольные элементы), разных наборов координатных функций.



Исходные данные для препроцессора — геометрическая модель объекта, чаще всего получаемая из подсистемы конструирования. Основная функция препроцессора — представление исследуемой среды (детали) в сеточном виде, т.е. в виде множества конечных элементов.

Решатель — программа, которая ассемблирует (собирает) модели отдельных КЭ в общую систему алгебраических уравнений и решает эту систему одним из методов разреженных матриц.

Постпроцессор служит для визуализации результатов решения в удобной для пользователя форме. В машиностроительных САПР это графическая форма. Пользователь может видеть исходную (до нагружения) и деформированную формы детали, поля напряжений, температур, потенциалов и т.п. в виде цветных изображений, в которых палитра цветов или интенсивность свечения характеризуют значения фазовой переменной.

### 36.Создание кривой, заданной уравнением в SolidWorks

Чтобы создать кривую, управляемую уравнением, выполните следующие действия.

На панели инструментов Эскиз выберите плавающую панель Сплайн , а затем выберите Кривая, управляемая уравнением  или нажмите Инструменты > Объекты эскиза > Кривая, управляемая уравнением .

В разделе Тип уравнения выберите Точное или Параметрическое.

Трехмерные эскизы поддерживают только параметрические уравнения.

В разделе Уравнение укажите уравнение кривой, где:

- Y является функцией X (точные уравнения).  $x^3 / "D1 @ Sketch5"$


Можно использовать любые функции, поддерживаемые в диалоговом окне Уравнения. Например:


$$2*(x + 3*\sin(x))$$


- X, Y и Z являются функциями T (параметрические уравнения). Например:
- Если x определен следующим образом:  $\sin(t)$
- Если y определен следующим образом:  $\cos(t)$
- Для  $t_1 = 0$  и  $t_2 = \pi$  результат является полукругом. (Замкнутая геометрия не допускается.)
- Z используется только в трехмерных эскизах.

В разделе Параметры укажите диапазон значений для X (точные уравнения) или T (параметрические уравнения), где

1 – начальная точка, 2 – конечная точка (например,  $X_1 = 0$  и  $X_2 = 2\pi$ ).

Нажмите кнопку  , чтобы заблокировать или разблокировать начальную или конечную точку на кривой.

 (заблокировано): Начальная или конечная точка зафиксирована.

 (разблокировано): Можно перетащить начальную или конечную точку по кривой.

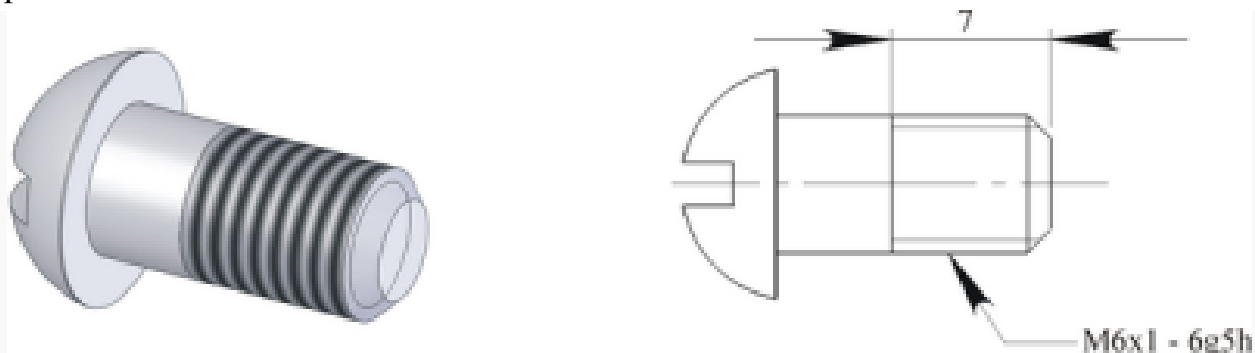
Щелкните  .

Кривая, определенная уравнением, отображается на эскизе.


### 37.Способы моделирования резьбы в SolidWorks.

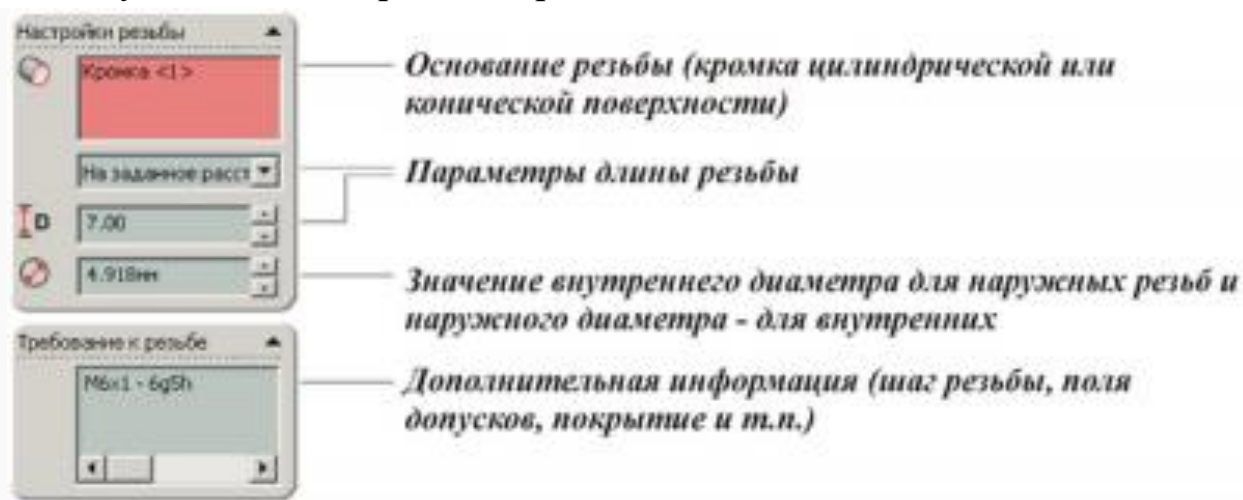
Реальные резьбы, с точки зрения SolidWorks представляют собой не что иное, как элемент, вытянутый (или вырезанный) по спиральной траектории. Как правило, данная операция весьма трудоемка и естественно возникает вопрос о целесообразности ее применения.

Утвердительный ответ на поставленный вопрос можно дать лишь в том случае, когда резьбы имеют специальный профиль или занимают "центральное место" в изделии (яркий пример - ходовые винты станков). О моделировании подобных конструкций речь пойдет в разделе Построение кривых. В остальных случаях вполне достаточно условного изображения резьбы.



Условное изображение резьбы, добавленное к 3D модели, автоматически переносится на все виды чертежа детали. Однако эта связь однонаправленная, т.е. редактирование параметров возможно только в документе-родителе (в данном случае модели), в остальных документах разрешено лишь управлять видимостью условного изображения.

Добавить резьбу можно на цилиндрические или конические поверхности. Для этого из меню **Вставка** >> **Примечания** достаточно выполнить команду **Условное изображение резьбы** .



Для создания модели болта возьмем болт М12х45 по ГОСТ 7805-70. Цифра 12 означает наружный диаметр резьбы, а буква М – резьба метрическая, ну и 45 – длина болта без шляпки.

Сначала создаем цилиндр длиной 45 мм и диаметром 12 мм .

Далее на торце получившейся бобышки создаем эскиз, и используя инструмент панели эскиза многоугольник создаем шестигранник со стороной под ключ  $S = 18$  мм , и вытягиваем его на высоту головки  $k = 8$  мм. Получили головку болта .

Теперь на торце головки болта создаем фаску с углом от 15 до 30 градусов. Для этого выберем плоскость, проходящую по верхней грани шестигранника головки болта и создадим эскиз с фаской у которой угол равен 30 градусов, а диаметр начала фаски  $D = 0,95S = 17,1$  мм (рисунок 4). В заключении создания модели скругляем кромку у основания головки болта и делаем фаску на противоположном торце .

Теперь, когда болт готов приступаем к моделированию резьбы. Зададимся шагом резьбы  $P = 1,5$  мм. Профилем метрической цилиндрической резьбы является равносторонний треугольник с углом при вершине 60 градусов. Согласно ГОСТ 7805-70 длина резьбы составляет 30 мм (сюда входит длина резьбы с полным профилем и сбег резьбы). Длина резьбы с полным профилем пусть составляет 25 мм, а сбег резьбы 5 мм.

Для создания витка резьбы необходимо создать спираль с шагом  $P = 1,5$  мм. Для этого создаем плоскость, расположенную на расстоянии 25 мм от торца болта и на этой плоскости создаем эскиз. В эскизе рисуем окружность диаметром 12 мм и используя команду геликоид и спираль создаем спираль. В свойствах спирали выбираем высота и шаг и вводим следующие параметры высота составляет 26 мм и шаг равен 1,5 мм, направление вращения – против часовой стрелки. Точно такие же действия делаем в противоположную сторону. В значении высота указываем 5 мм (сбег резьбы), направление вращения – по часовой стрелке. И ставим галочку напротив конусная спираль вводим угол конусности равный 15 градусам и устанавливаем галочку уклон наружу. В итоге проделанных действий к Нас получились две спирали: одна с полным профилем резьбы длиной 26 мм, другая – сбег резьбы длиной 5 мм.

Осталось создать эскиз с профилем резьбы. Для этого выбираем плоскость проходящую через начальную точку спирали и создаем эскиз на котором вычерчиваем профиль впадины метрической резьбы по размерам определенным ранее



Закрываем эскиз и используя команду вырез по траектории создаем на поверхности болта резьбу с полным профилем используя первую спираль длиной 26 мм и сбег резьбы используя вторую спираль длиной 5 мм.

### 38.Преобразование сборки в деталь в SolidWorks.


Создание соединенной детали при сборке в SolidWorks

В сборке можно **соединить две или несколько деталей** для создания новой детали. Операция соединения удаляет поверхности, которые входят в пространство друг друга, и создает единый твердотельный элемент.

Например, при сборке две детали свариваются, образуя неподвижное соединение. Поэтому эти детали и сварочные швы должны быть объединены в одну деталь, появляется возможность выполнять исследования на прочность в **SolidWorks Simulation**.

Для соединения деталей:

1. Создайте детали, которые нужно соединить, затем создайте сборку, содержащую эти детали.
2. Расположите должным образом детали в сборке. Детали могут либо соприкасаться, либо входить друг в друга.
3. **Сохраните** сборку, но не закрывайте окно.
4. Вставьте новую деталь в сборку:

а. Выберите **Новая деталь**  на панели инструментов «Сборка» или выберите **Вставка, Компонент, Новая деталь**.

б. Выберите плоскость или плоскую грань на компоненте.

На новой детали откроется эскиз на выбранной плоскости.

5. Закройте эскиз. Так как создается соединенная деталь, эскиз не нужен.

6. В дереве конструирования FeatureManager нажмите правой кнопкой мыши на имя новой детали, выберите **Переименовать деталь** и переименуйте новую деталь.

7. Выберите **Вставка, Элементы, Соединить**.

8. Выберите и установите параметры в окне **Соединить** PropertyManager (Менеджера свойств).


**Скрыть детали.** Выберите этот параметр, чтобы скрыть исходные детали после того, как будет завершено соединение.

**Контакт поверхностей.** Выберите этот параметр, чтобы расширить любые элементы в пространстве существующей геометрии до следующего элемента на другой детали. Программа находит участвующие грани, затем распространяет деталь, содержащую грань наименьшей площади, до другой детали и заполняет все полученные зазоры.

9. Нажмите , чтобы создать соединенную деталь.

До соединения – совпадающие грани После соединения – грани удалены

10. Для возвращения к редактированию сборки нажмите правой кнопкой мыши на имя сборки в дереве конструирования FeatureManager или в любом месте графической области и выберите **Редактировать**

**сборку:**<имя\_сборки>, либо нажмите значок **Редактировать деталь**  на панели инструментов «Сборка».



### **39.Создание выреза в детали, повторяющего сложный профиль другой детали в SolidWorks.**

В сборке 2 детали. В одной нужно сделать вырез повторяющий сложный профиль другой детали.

1. Редактировать деталь в контексте сборки, в которой необходимо сделать вырез
2. **Вставка-Литейные формы-Полость**
3. Выбрать в инструменте **Полость** тела которые будут вычтены из детали редактируемой в контексте сборки

#### 40. Расчет напряжений при изгибе и кручении деталей в SolidWorks.

Для расчетов на прочность в программе солидворкс служит модуль Solidworks simulation xpress. Сама по себе программа Solidworks предназначена для создания 3d моделей, однако расчет на прочность в солидворксе также возможен. В солидворксе можно рассчитывать несложные детали на статическую прочность.

Итак приведу пример расчета трубы квадратного сечения **на изгиб**.

Для начала создадим модель трубы. Для этого создадим файл детали (хочу отметить что именно файл **детали**, так как солидворкс не может производить расчет сборочных конструкций)

приступим к расчету на прочность балки.

Для этого выбираем вкладку "Анализировать"

и кликаем на значек "помощник Solidworks simulation xpress".

В появившемся окне нажимаем далее.

А далее нам предлагают выбрать место крепления балки. Нажимаем добавить крепления.

Выбираем торцевую грань имитируя тем самым **жесткую** заделку. (шарнирные крепления солидворкс не считает)

Выбрав неподвижную грань жмем галочку в левом окне.

Снова жмем далее.

Теперь solidworks предлагает выбрать нагрузки. Можно выбрать силу в Ньютонах либо давление в Паскалях. Мы выберем силу.

Указываем грань на которую будет действовать сила. (Укажем верхнюю грань) Также указываем величину силы в 1000Н, что эквивалентно 100кгс. Указав все жмем далее.

После выбора нагрузки выбираем материал нашей модели (трубы)

Из появившейся таблицы выберем нужный материал. Пусть это будет нержавеющая сталь. Нажимаем применить и закрываем эту таблицу.

Итак у нас появились характеристики стали. Жмем далее.

Запускаем моделирование и ждем. Нам показывают в каком направлении будет гнуться балка, если все верно то продолжаем.

И вот, наконец, результат. Мы видим, что при нагрузке в 100кгс наша труба в 20x20x2 мм и длиной 400 мм сломается.

Посчитанный минимальный запас прочности при этом равен 0,61

Чтобы запас прочности был больше единицы нужно либо изменить величину силы, либо изменить геометрию детали, например увеличить толщину стенки трубы


## 41. Моделирование движения деталей в SolidWorks.

Для расчета движение компонента в SolidWorks Motion применяется полное кинематическое моделирование. Программу SolidWorks Motion можно использовать для вычисления сил в моделях с пружинами, демпферами, двигателями и фрикционными муфтами.

5. Выберите **Анализ движения** в списке **Тип исследования**.


### 4.2. Расчет движения

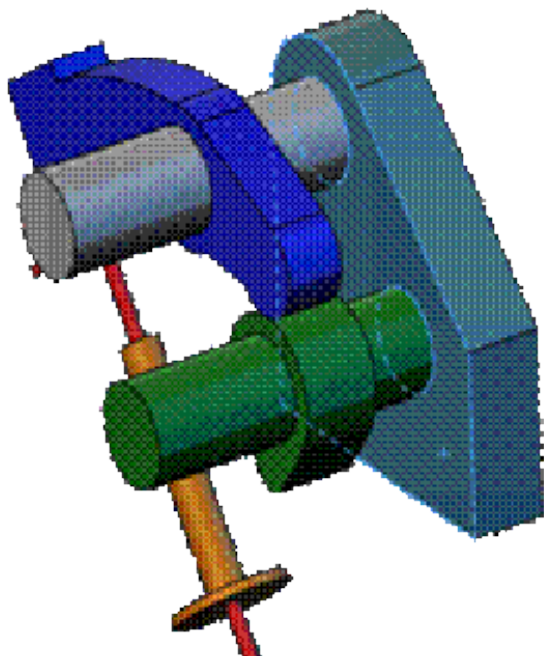
Можно рассчитать движение в сборке в зависимости от выбранного Вами типа исследования.


Нажмите **Вычислить**  (панель инструментов MotionManager), чтобы запустить моделирование Motion Analysis.

### 4.3. Отображение контактирующих граней

После расчета движения можно создать эпюру результатов. Перед этим можно вращать модель для отображения точек контакта. Это упрощает процесс выбора контактирующих граней для создания эпюры сил, действующих на них.



1. Выберите **Вращать вид**  и поверните модель для отображения контакта между стержнем кулачка и гранями шатуна.

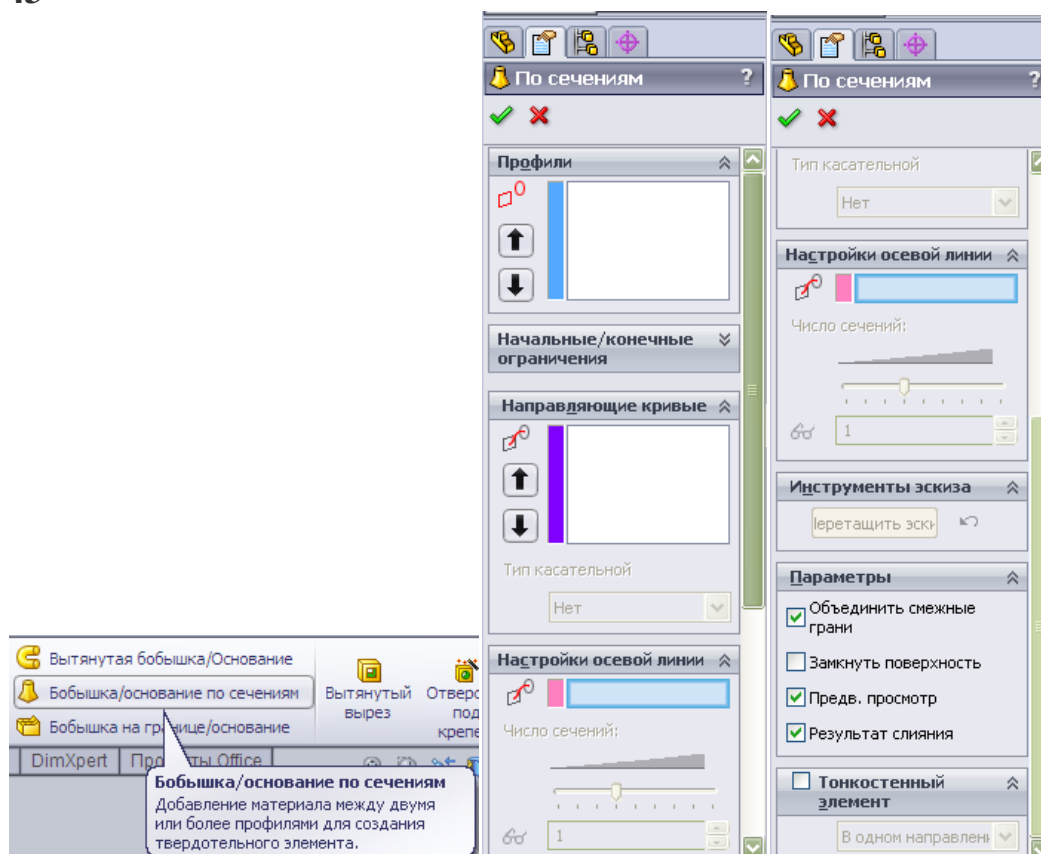


3. Выберите **Вращать вид**  еще раз, чтобы прекратить вращение модели.

### 4.4. Создание эпюры сил контакта в Исследовании движения

Можно выбрать точки контакта на модели и создать эпюры различных результатов моделирования движения. В данном учебном пособии Вы создадите эпюру сил контакта между стержнем кулачка и шатуном.

1. Выберите **Результаты и эпюры**  (панель инструментов MotionManager).  
Отобразится окно **PropertyManager** Результаты.
2. В окне PropertyManager **Результаты** выберите:
  - a. **Силы** в качестве **Категории**.
  - b. **Сила контакта** в поле **Подкатегория**.
  - c. **Величина** в поле **Результирующий компонент**.
3. Выберите контактирующие компоненты:
  - a. Нажмите в поле **Выбор компонентов**  (PropertyManager **Результаты**):
  - b. Выберите грань на шатуне и грань на стержне кулачка, где происходит контакт (графическая область).




## 44


Сопряжение – это создание геометрических взаимосвязей между компонентами сборки (в качестве компонентов выступают другие детали сборки). При добавлении сопряжений следует определить дальнейшее допустимое направление линейного или вращательного движения компонентов. После завершения сборки (наложение всех необходимых ограничений) можно перемещать компонент в пределах его степеней свободы, наблюдая за поведением сборки.


Данный программный пакет включает в себя как стандартные, так и несколько дополнительных сопряжений. К стандартным сопряжениям относятся: совпадение, параллельность, перпендикулярность, касательность, концентричность, угол, расстояние, коллинеарность, равенство, зафиксировать, точка пронизания, пересечение и сопряжение слить. Причем данные сопряжения могут применяться как для построения сборки, так и для создания эскиза. К дополнительным: симметричность, кулачок, ширина, редуктор а также рейка и шестерня.


Теперь поговорим о каждом из стандартных сопряжений более подробно.


1. Совпадение (  ) – заставляет выделенную точку совпадать с другой точкой или лежать на выделенной линии, дуге, окружности или эллипсе. Либо при выделении поверхности, кромки, осевой линии происходит


«совпадение» с другими поверхностями, кромками и др. элементами детали и сборки.


2. Параллельность () – данная взаимосвязь определяет выделенные элементы как параллельные.

3. Перпендикулярность () – заставляет выделенные линии и элементы располагаться перпендикулярно друг к другу.


4. Касательность () – выполняется привязка к касательным окружностей, дуг, скруглений, парабол, эллипсов, неполных эллипсов и сплайнов.


5. Концентричность () – используется для двух выделенных дуг, окружностей, точки и дуги, точки и окружности или дуги и окружности эта взаимосвязь означает совмещение их центров. В сборке данная команда означает совмещение центров двух тел цилиндрической формы.


6. Угол () – выполняется привязка к углам, т.е. объект ориентируется относительно другого объекта на определенный угол. Чтобы настроить градусы, выберите Инструменты → Параметры → Настройки пользователя – > Эскиз → выберите → Взаимосвязи/привязки и настройте значение для привязки по углу.


7. Расстояние () – выбранные элементы расположены на указанном расстоянии.


8. Колинеарность () заставляет выделенные линии располагаться на одной бесконечной линии.

9. Равенство () – принудительно назначает выделенным линиям одинаковую длину, а выделенным дугам, окружностям либо дуге и окружности – одинаковый радиус.


10. Зафиксировать () – закрепляет выделенный объект в заданной позиции. Если наложить эту взаимосвязь на линию или дугу, ее положение будет оставаться одним и тем же, но размер можно будет менять, растягивая ее за конечные точки.

11. Точка пронизания () – заставляет точку эскиза или конечную точку объекта совпадать с объектом другого эскиза.


12. Пересечение () – принудительно перемещает выделенную точку на пересечение двух выделенных линий.


13. Слить () – заставляет две точки эскиза или конечные точки слиться в одну точку.

Также более подробно остановимся и на дополнительных сопряжениях, которые можно использовать в SolidWorks.

1. Симметричность () – заставляет две выделенные линии, дуги, точки или два эллипса располагаться на одинаковом расстоянии по обе стороны от осевой линии.



2. Кулачок () – располагает цилиндр, плоскость или точку касательно или так, что она совпадает, с рядом касательными вытянутыми гранями.


3. Ширина () – выступ центрируется по ширине канавки.


Канавки могут включать:

- а) Две параллельные плоские грани
- б) Две непараллельные плоские грани (с уклоном или без уклона)

Выступы могут включать:

- а) Две параллельные плоские грани
- б) Две непараллельные плоские грани (с уклоном или без уклона)
- в) Одну цилиндрическую грань или ось

4. Редуктор () – вызывает вращение двух компонентов относительно друг друга вокруг выбранной оси. Допустимые выбираемые элементы для оси вращения для сопряжения типа Редуктор включают цилиндрические и конические грани, оси и линейные кромки.

5. Рейка и шестерня () – линейное преобразование одной детали (рейки) является причиной кругового вращения другой детали (шестерни) и наоборот.

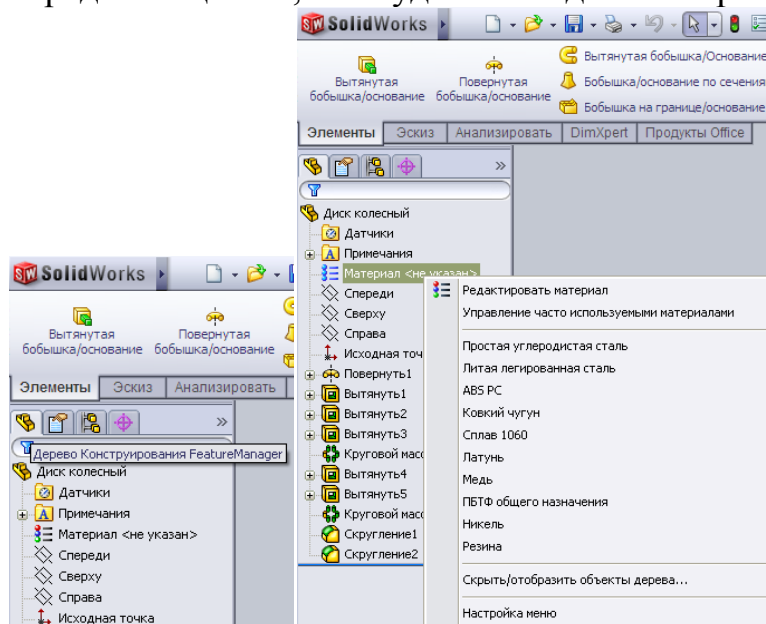
Теперь давайте рассмотрим использование привязок на примере нашего штампа. На данном рисунке показаны привязки которые использовались при креплении матрицы к нижней плите.

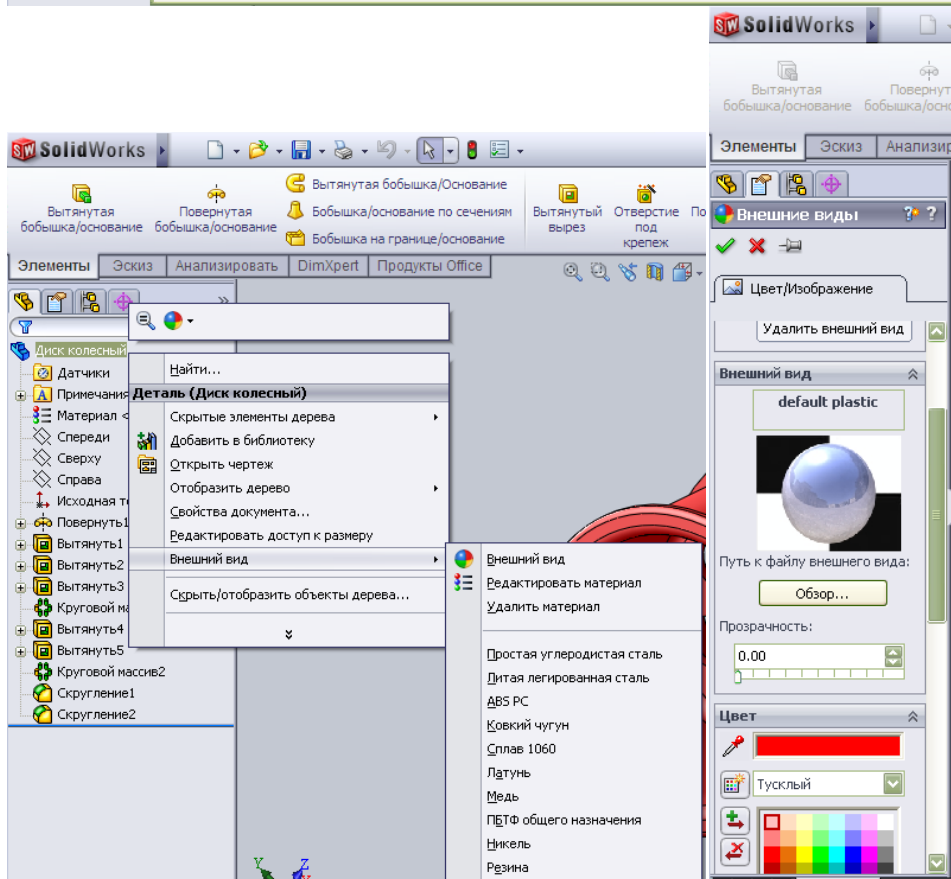
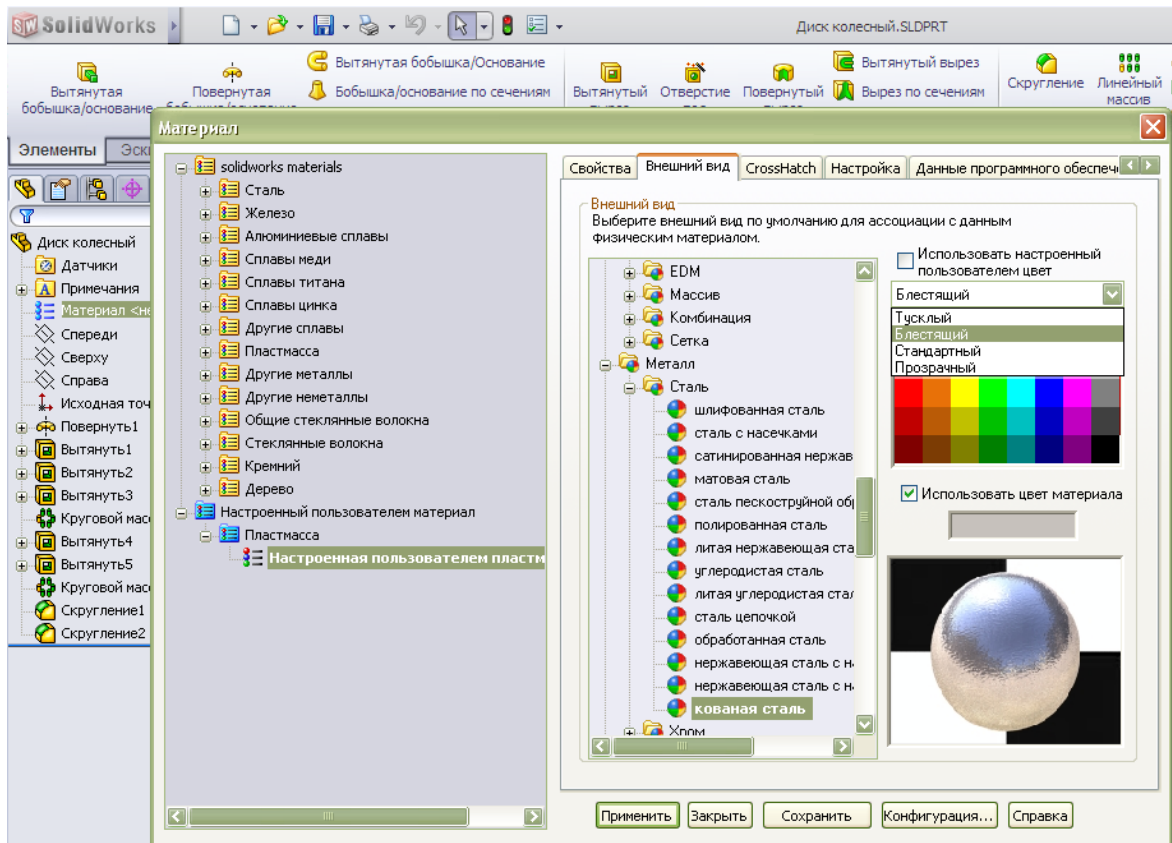
## 45

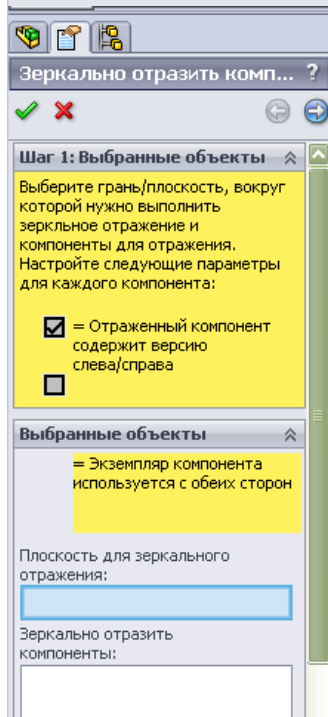
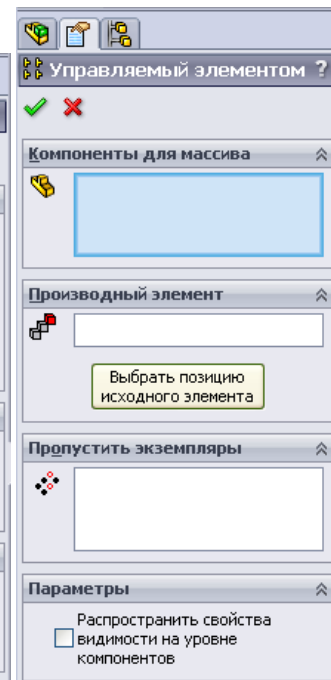
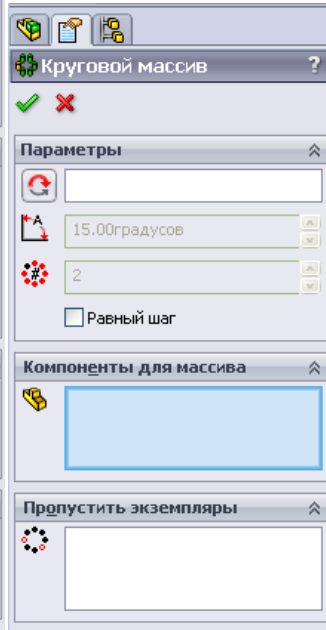
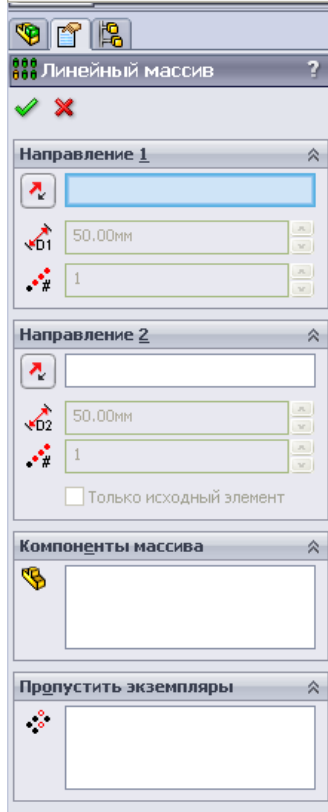
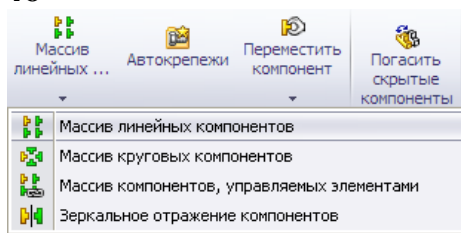
### Внешние виды

Внешний вид определяет визуальные свойства модели, включая цвет и текстуру. Внешний вид никак не влияет на физические свойства, которые определяются выбранными материалами.

Для каждого материала назначается внешний вид по умолчанию, определяющий то, как будет выглядеть материал.











## Движение по траектории

---





### Сопряжения пути в исследованиях движений

В исследовании Анализ движения можно включить сопряжения пути. Чтобы ограничить движение компонента сборки заданным путем, выполните следующие действия.

1. Выберите Вставка > Сопряжение .
2. Определите сопряжение пути для компонентов.
3. Перейдите на вкладку Исследование движения и выберите значение Анализ движения для параметра Тип исследования.
4. Выберите необходимые элементы исследования движения. Для активизации движения необходимо включить элементы Двигатель , Сила  или Сила тяжести . Можно определить движение по траектории с помощью двигателя сопряжения пути.
5. Запустите исследование.

### Определение движения по траектории

Для исследования Анализ движения можно определить двигатель сопряжения пути, чтобы задать значения перемещения, скорости или ускорения по мере движения тела вдоль пути.

1. Из исследования Анализ движения нажмите Двигатель .
2. Для параметра Сопряжение пути  в разделе Сопряжения в дереве конструирования FeatureManager выберите сопряжение пути.
3. Выберите профиль двигателя. Чтобы определить профиль двигателя из функции или из данных, выберите Выражение, Точки данных или Сегменты.
4. Выберите параметры и щелкните . Чтобы изменить направление вращения двигателя на обратное, в разделе Сопряжения/Направление щелкните Реверс направления .

## Создание сварной конструкции из трехмерного эскиза

Рассмотрим первый способ создания сварной конструкции из трехмерного эскиза. Воспользуемся трехмерным эскизом эстакады, созданный ранее. Теперь для создания сварной конструкции нам потребуются соответствующие команды инструментальной панели Сварная деталь. Если этой панели нет на экране, то вызовите ее через Инструменты | Настройка и на вкладке Панель инструментов установите флажок Сварные детали (рис.5).

После того как инструментальная панель появилась на экране, можно приступить к созданию сварной конструкции на основе имеющегося трехмерного эскиза. Сначала укажем программе, что мы хотим создать сварную деталь, и нажмем в панели инструментов «Сварные детали» кнопку «Сварная деталь». В Дереве «Конструирования» должен появиться пункт «Сварная деталь». Теперь воспользуемся кнопкой «Конструкция» для создания элемента конструкции путем вытяжки определенных профилей вдоль указанных траекторий в трехмерном эскизе. В Менеджере свойств откроется диалоговое окно Конструкция (рис.6). Это окно позволит нам выбрать профиль, который мы будем использовать для создания сварной конструкции. При задании профиля в поле «Стандарт» выберем из двух стандартов (ansi дюйм и iso) метрический стандарт iso. В поле «Тип» можно выбрать профиль из существующих, например, угольник. В дальнейшем мы покажем, как создавать собственные профили. В поле «Размер» можно выбрать размеры существующих профилей. Выберите, скажем, угольник размером 35x35x5 мм, что означает ширина полок угольника 35 мм, а толщина металла 5 мм. Теперь осталось задать в поле «Группы» элементы эскиза, которые будут сформированы в группу и оформлены выбранным типом профиля, например, элементы переднего прямоугольника (рис.6).

В появившемся поле «Настройки» можно выбрать способ обработки углов, установив флажок «Применить обработку углов» и нажав одну из кнопок «Кромка под углом», «Стыковое соединение1» или «Стыковое соединение2», а также, при необходимости, повернуть профиль на необходимый угол в параметре «Угол поворота» (например, 270°). После всех установок нажмите кнопку ОК.

Аналогичным образом задайте профили для внутреннего прямоугольника. В этом случае также задайте параметр Угол поворота равным 270°, чтобы вторая полка угольника смотрела внутрь параллелепипеда (рис.7).

Теперь установим профили по остальным горизонтальным ребрам параллелепипеда. Для каждого ребра потребуется отдельная команда, так как каждый угольник необходимо ориентировать в пространстве путем подбора параметра «Угол поворота», чтобы наружные полки угольника смотрели вне параллелепипеда, а также произвести обрезку излишних концов угольника. На примере верхнего правого ребра покажем разделку профиля для сварной конструкции.

Вновь вызовите из инструментальной панели «Сварные детали» команду «Конструкция» и установите профиль, задав параметр «Угол поворота» равным 90° (рис.8).

Посмотрите внимательно на рис.8, и вы увидите, что произошло наложение конца только что построенного горизонтального уголка на концы двух других уголков. Чтобы убрать данное наложение, необходимо воспользоваться командой «Отсечь/вытянуть» из инструментальной панели «Сварные детали». Данная команда позволяет отсекать или вытягивать элементы детали до поверхностей других элементов так же, как инструменты обрезки.

В данном случае нам необходимо отсечь конец горизонтального профиля. Нажмите на кнопку «Отсечь/вытянуть». В открывшемся в Менеджере свойств диалоговом окне «Отсечь/вытянуть» щелкните мышью в поле «Обрезаемое тело» и укажите вставленный профиль. Теперь щелкните мышью в поле «Граница отсечения» и установите режим «Тела», а затем укажите мышью два оставшихся угольника (рис.9). Можно также установить флажок «Зазор сварки» и задать величину зазора для сварного шва.

Осталось внести последний штрих— добавить пробки на открытые концы квадратного профиля. Для этого из инструментальной панели «Сварные детали» вызовите команду «Торцевая пробка», которая создает элемент торцевой пробки с помощью торцевых поверхностей на открытых конструкциях. В «Менеджере свойств» откроется диалоговое окно «Торцевая пробка». Укажите мышью грань квадратного профиля, где должна размещаться торцевая пробка, задайте толщину пробки «Т1», например, 5 мм и установите флажок «Углы фаски», чтобы сделать фаски на пробке.

Проверьте по рис.15 задание параметров и нажмите кнопку ОК.



Если все сделано правильно, то в сварной конструкции на конце квадратного профиля появится пробка, закрывающая внутреннюю полость профиля.

Аналогичным образом создайте пробку на втором конце профиля. Таким образом, проектирование эстакады как цельной сварной детали закончено.

Сохраните деталь, нажав кнопку «Сохранить».

### 1.3. Нанесение размеров


Все размеры в SolidWorks можно разделить на два типа:

- ☐ управляющие размеры, или размеры, по которым была построена модель детали. Управляющие размеры можно изменять, как находясь в документе модели, так и непосредственно из чертежа. Для добавления управляющих размеров в чертеж необходимо нажать кнопку  **Элементы модели** в инструментальной панели **Примечания**;
- ☐ справочные или управляемые размеры, не определяющие изменение геометрии модели. Для пересчета справочных размеров необходимо изменить управляющие. Причем можно установить величину размера, не связанную с реальным размером модели. Для добавления справочных или управляющих размеров в чертеж необходимо нажать кнопку  **Автоматическое нанесение размеров** в панели инструментов **Размеры/взаимосвязи** и последовательно указывать кромки.

Материал, защищенный авторскими правами

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Для того чтобы определить тип размера, выполните двойной щелчок мыши на этом размере. Если в графической области появится диалоговое окно **Изменить**

 **Изменить**, то размер является управляющим, в противном случае, когда программа никак не прореагирует на двойной щелчок, вы имеете дело с управляемым (справочным) размером.



#### 4.8.1. Добавление управляющих размеров

По возможности, во время оформления чертежа старайтесь всегда использовать управляющие размеры. При создании модели также старайтесь задавать именно те размеры, которые вам потребуются при оформлении чертежа. Выполнение этого условия уменьшит объем выполняемой вами в чертеже работы.

В разд. 1.3.1 уже использовалась команда вставки элементов модели 





**Элементы модели** в инструментальной панели **Примечания** для добавления управляющих размеров в чертеж. При этом все управляющие размеры модели, по которым она была построена, добавлялись во все созданные виды чертежа. Но иногда необходимо добавить только отдельные управляющие размеры, которые относятся к вполне определенным элементам модели. На примере детали Кронштейн покажем, как можно добавить управляющие размеры необходимых элементов в выбранные виды.

Материал, защищенный авторскими правами

Загрузите ранее созданный чертеж кронштейна или файл Кронштейн.slddrw из папки Глава 4 / Примеры прилагаемого компакт-диска. Нажмите кнопку  **Элементы модели** в инструментальной панели **Примечания**. Появится диалоговое окно **Элементы модели** в Менеджере свойств. В разделе **Источник/Назначение** данного окна в параметре **Импортировать с(о)** выберите **Выбранного элемента**. Проследите, чтобы в разделе **Размеры** была нажата кнопка  **Отмеченные для чертежа**.




#### ПРИМЕЧАНИЕ

В разделе **Размеры** диалогового окна **Элементы модели** можно выбирать для вставки в чертеж различные типы размеров: **Отмеченные для чертежа** . Не отмечены для чертежа , Профили Hole Wizard , Расположение Hole Wizard  и т. д.

Далее выберите мышью в графической области чертежный вид Спереди. При этом имя вида появится в окне **Разместить примечания в этих видах**, а флажок **Импортировать элементы во все виды** будет снят. Остальные параметры окна **Элементы модели** оставьте без изменения, при необходимости свернув неиспользующиеся разделы окна.

#### ПРИМЕЧАНИЕ


Для вставки размеров может быть выбран не один, а несколько видов.

Затем нажмите мышью ярлык **Дерево Конструирования** , чтобы отобразить плавающее **Дерево Конструирования** в графической области, нажмите значки плюса элементов **Лист1**, **Чертежный вид1**, **Кронштейн** и раскройте их (рис. 4.71).

Выберите в плавающем **Дереве Конструирования** элемент **Вытянуть2**, размер данного элемента (диаметр среднего цилиндра кронштейна) отобразится на чертежном виде (рис. 4.72).

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Обратите внимание, что когда вы подводите указатель мыши к какому-либо элементу модели в плавающем **Дереве Конструирования**, данный элемент подсвечивается в графической области.

Не закрывая окна **Элементы модели** Менеджера свойств, подведите указатель мыши к размеру  $\varnothing 110$ . При этом изображение указателя мыши изменится на . В этом режиме левая кнопка мыши используется для перемеще-

ния элементов (размеров, примечания и т. д.), а правая — для их скрывания/отображения. Перетаскивая размеры с нажатой клавишей <Shift>, можно переносить размеры с одного чертежного вида в другой, а с клавишей <Ctrl> — копировать их.

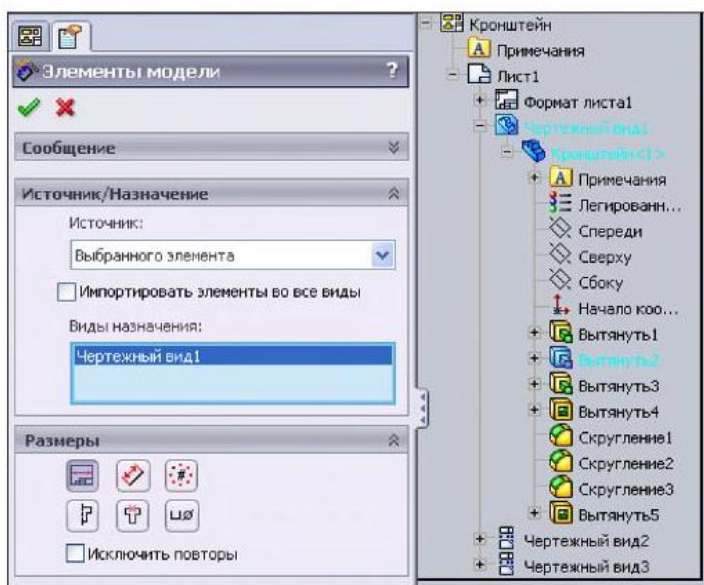


Рис. 4.71



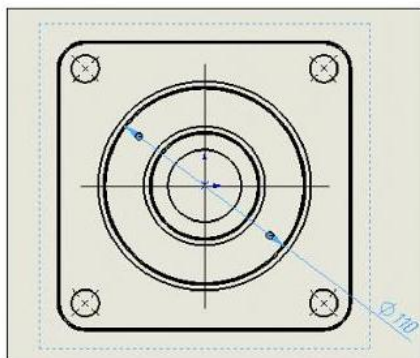


Рис. 4.72

Изменить, управляемый и

#### становка размеров на чертежах

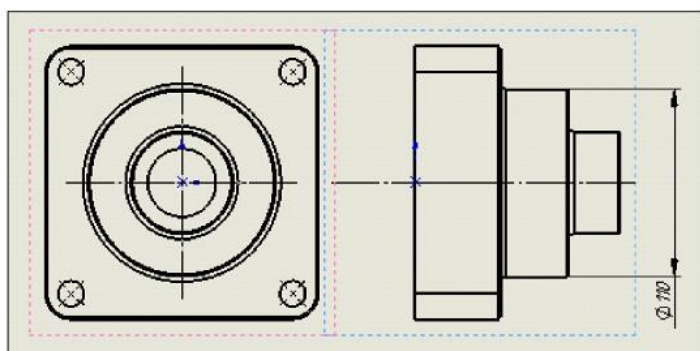


Рис. 4.73

Нажмите левую кнопку мыши и клавишу <Shift> и переместите размер  $\varnothing 110$  на чертежный вид Слева (рис. 4.73).

Для завершения команды вставки управляющих размеров нажмите кнопку **ОК** в диалоговом окне **Элементы модели**.

Чтобы убедиться в том, что вставленный размер является управляющим, выполните двойной щелчок мыши по этому размеру. Должно появиться окно **Изменить** (рис. 4.74), позволяющее изменить данный размер. Если размер является управляемым, то такое окно появляться не будет. Нажмите кнопку **ОК** для закрытия окна **Изменить**.

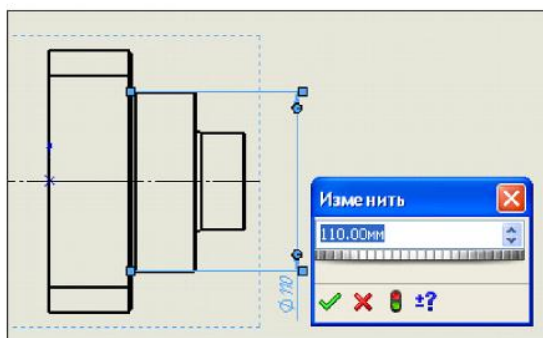


Рис. 4.74

Описанным способом можно добавлять в чертежные виды не только размеры, но и различные типы примечаний (справочную геометрию), созданные в модели. Для этого необходимо во время вставки элементов модели в разделах **Примечания** и **Справочная геометрия** (рис. 4.75) окна **Элементы модели** выбрать требуемые элементы.

## **50. Состав дерева конструирования FeatureManager SolidWorks.**

Интерфейс SolidWorks соответствует привычному графическому интерфейсу программ семейства Windows Microsoft. Стандартные функции Windows обеспечивают

работу с файлами (создание, открытие, сохранение и др.). Печать эскизов, 3D моделей

с экрана и чертежей в SolidWorks осуществляется на любое устройство графического

вывода (плоттер, принтер), установленное в операционной системе.

Проектирование в SolidWorks включает создание объемных моделей деталей и сборок с возможностью генерировать на их основе рабочие чертежи. Создание нового

документа в SolidWorks сопровождается выбором шаблона документа: Деталь, Сборка или Чертеж. В случае выбора шаблонов Деталь или Сборка графическая область представляет собой трехмерное пространство.

Основными элементами интерфейса SolidWorks являются: меню, панели инструментов, область построения, строка состояния (рис. 1.1). Для наглядного

представления процесса проектирования в SolidWorks существует Дерево конструирования или Дерево построения (Feature Manager). Оно реализовано в

стиле традиционного Проводника Windows, обычно располагается в левой части

рабочего окна SolidWorks и представляет собой последовательность конструктивных

элементов, образующих деталь, а также дополнительные элементы построения (оси,

плоскости). Дерево построения содержит полную информацию о трехмерном объекте

и динамически связано с областью построения. В режиме сборки Дерево построения

отображает список деталей, входящих в сборку, а также необходимые сопряжения

деталей и сборок (рис. 1.1).

Основными функциями Древа конструирования (FeatureManager) являются:

- выбор элементов по имени (по нажатию левой кнопки мыши);
- определение и изменение последовательности, в которой создаются элементы;
- отображение размеров элемента, которое можно выполнить, дважды нажав на имя элемента;
- отображение и гашение элементов детали и компонентов сборки.

При построении новой трехмерной модели детали в Древе построения по умолчанию присутствуют следующие графические элементы (рис.1.2):

- исходная точка с нулевыми начальными координатами;
- три взаимно перпендикулярные плоскости: Спереди, Сверху, Справа.

## 51. Разрез детали в SolidWorks.(два варианта ответа)

### Вариант 1 ответа (второй - ниже)


#### *Разрезы и сечения в SolidWorks*

И разрезы, и сечения - это изображения конструкции, получающиеся при мысленном её рассечении одной или несколькими плоскостями. Разница состоит в том, что на сечениях показывается только изображение, находящееся непосредственно в секущей плоскости, а на разрезах - в секущей плоскости, а также за ней.

С точки зрения конструирования, сечения применяются для отдельных элементов деталей, разрез которых выполнять нецелесообразно. Однако при моделировании процесс получения обеих типов изображений объединен единым инструментом.

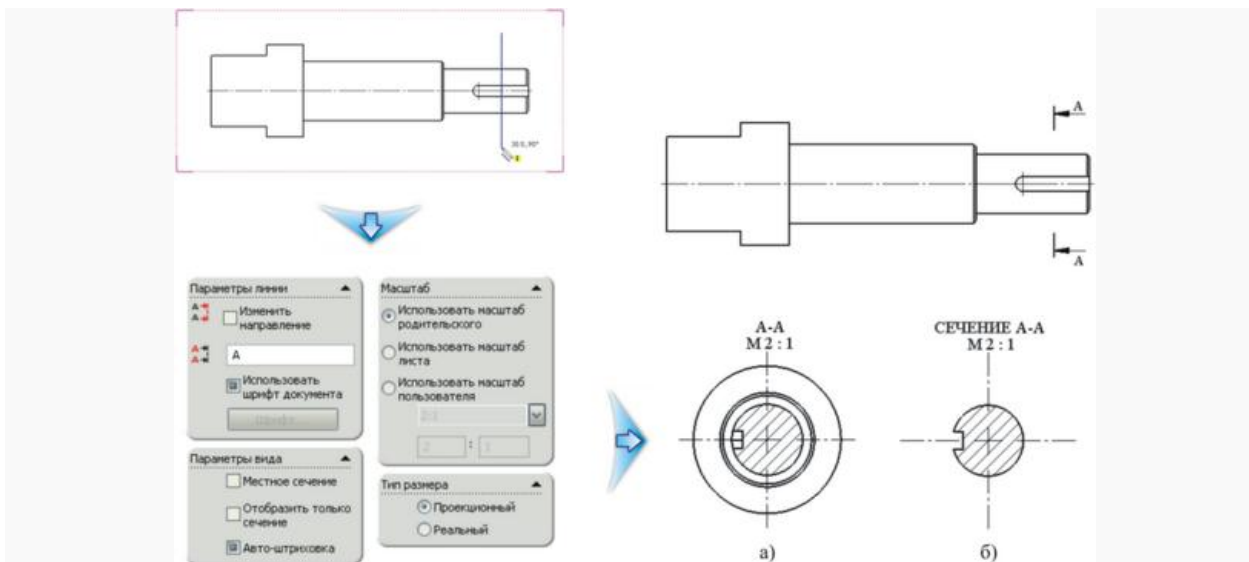
#### *Простые и сложные ступенчатые разрезы в SolidWorks*

Создание разрезов подобно созданию местных видов требует построения дополнительной геометрической конструкции - линии сечения. Один или несколько сегментов данной линии представляют собой след пересечения плоскости вида и перпендикулярной ей поверхности сечения.

Допускается построение линии сечения как до вызова команды **Вставка >> Чертежный вид >>  Разрез (предварительно активизировав исходный вид)**, так и после. В первом случае можно начертить ступенчатую ломаную линию (секущую сложных разрезов), во втором - простой отрезок (секущую горизонтальных, вертикальных или наклонных разрезов).

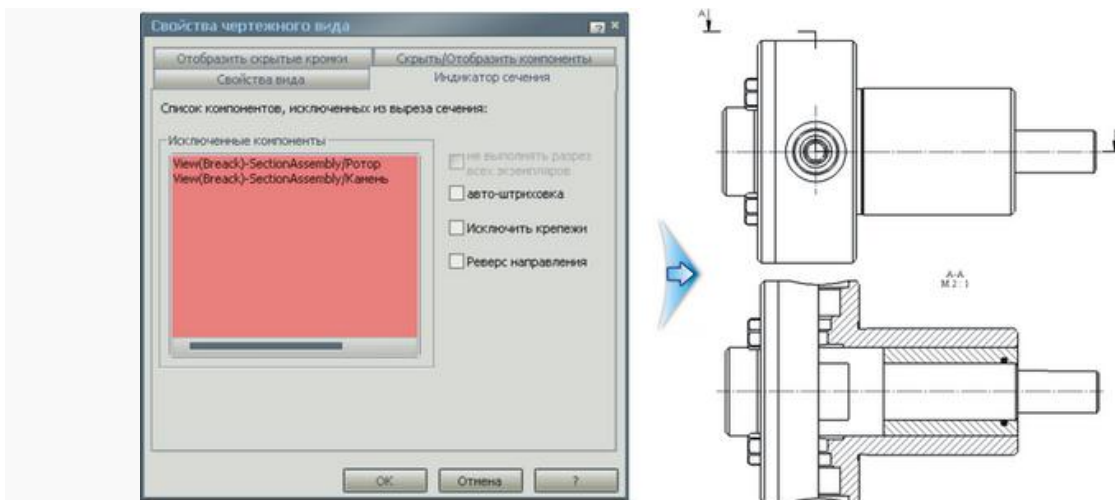
**Замечание!!!** Если линия сечения проведена не через всю модель, будет создан не полный, а частичный разрез.

Большинство параметров данного инструмента аналогичны рассмотренным выше, однако особого внимания среди них требуют *Параметры вида*. Если флажки *Местное сечение* и *Отобразить только сечение* сброшены, то в качестве изображения будет получен разрез (рис. а), в противном случае - сечение (рис. б).



Вставка разреза (а) или сечения (б) детали

Описанную выше процедуру можно применять не только к моделям деталей. На сборочных чертежах разрезы и сечения всей конструкции выполняются аналогично, с той лишь разницей, что в отдельном диалоговом окне *Индикатор сечения* следует указать, какие компоненты нужно оставить неразрезанными. Это окно становится доступным при добавлении нового разреза 3D модели сборки или через *Свойства* уже созданного разреза (выбор названий деталей возможен из *Дерева конструирования*, родительского вида и существующего разреза).

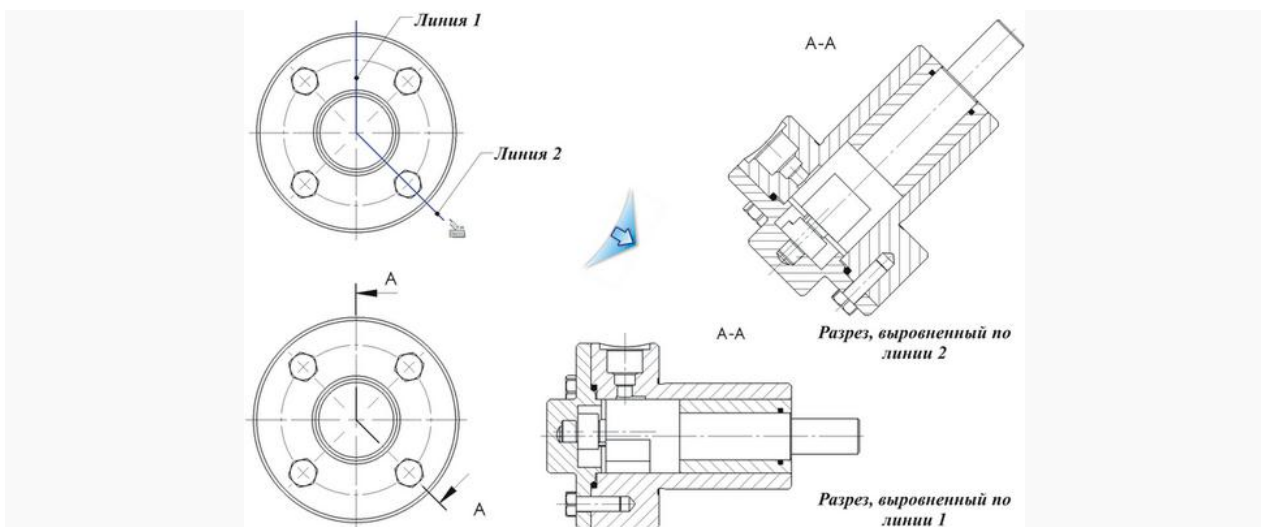


## Ломанные разрезы в SolidWorks

Ломанные разрезы также относятся к сложным разрезам и от ступенчатых отличаются тем, что имеют не параллельные, а пересекающиеся секущие плоскости. На чертежах их условно разворачивают до совмещения в одну плоскость, а элементы конструкции, расположенные за секущей, вычерчиваются по правилам проецирования на плоскость совмещения.

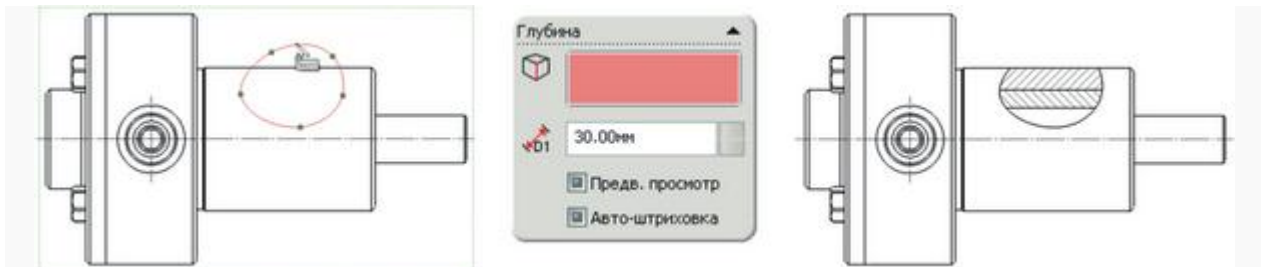
Учитывая данную особенность, в **SolidWorks** предусмотрена отдельная команда для создания ломанных разрезов: **Вставка >> Чертежный вид >>**

**Выровненный разрез.** Её специфика в том, что после построения сегментов линии сечения и перед построением соответствующего вида необходимо выбрать отрезок, по которому будет выровнен весь разрез - прямое указание на общую плоскость совмещения.




### **Местные разрезы в SolidWorks**

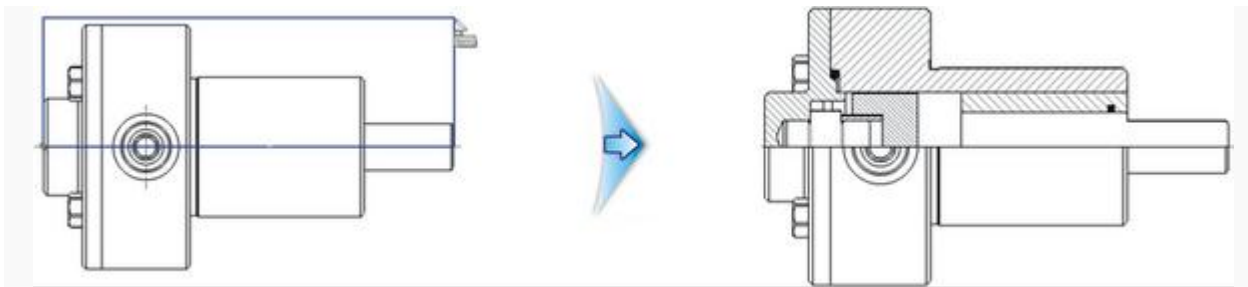
Местный разрез служит для выяснения конструкции изделия лишь в отдельном, ограниченном месте. Для этого на родительском виде строится замкнутая кривая - граница выносного изображения, внутренняя область которой в последствии будет вырезана на заданную глубину.



Вставка местного разреза

Команда находится в меню **Вставка >> Чертежный вид >>  Вырыв детали** и в качестве параметров требует задать численное значение расстояния или явно указать кромку, до которой будет вырезана модель.

Использование данной команды весьма удобно для создания частного случая местного разреза - совмещенного с видом разреза. Дело в том, что стандартом допускается для симметричных конструкций, с целью экономии площади чертежа и уменьшения объема графических работ, совмещать на одном изображении половину разреза и соответствующую половину вида. Достичь этого при моделировании очень просто: в качестве ограничивающей линии сечения чертится прямоугольник, выходящий за габариты изделия, одна сторона которого коллинеарна оси симметрии.



Вставка разреза, совмещенного с видом

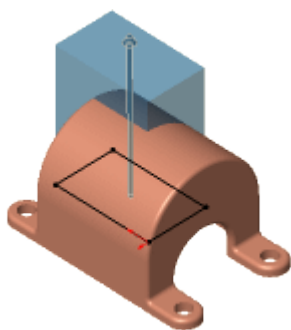
## Вариант 2

### *Разрезы детали*

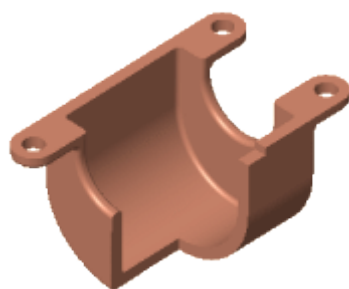
Виды разрезов детали создают сечение в чертежных видах (изометрия, триметрия или диметрия). Этот метод основывается на конфигурациях детали.

**Чтобы создать вид разрезов детали, выполните следующие действия.**

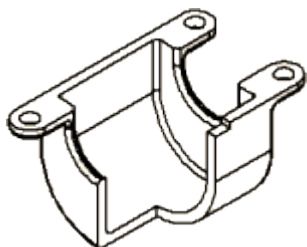
1. В детали:
  - a. Создайте новую конфигурацию для разреза.
  - b. Разрежьте деталь так, как она должна выглядеть на чертеже.



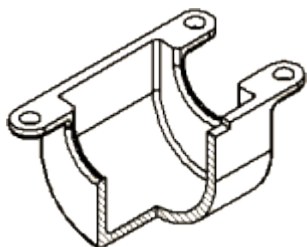
- c. Погасите элемент выреза во всех конфигурациях.



2. В чертеже:
  - a. Создайте **вид** детали с использованием конфигурации, созданной для разреза.



в. Добавьте [штриховку](#) к разрезанным граням.





## 52. Библиотеки стандартных изделий SolidWorks Toolbox.

SolidWorks Toolbox представляет собой библиотеку стандартных изделий, сформированную на базе зарубежных стандартов и стандарта ГОСТ, в которую входят: крепежные изделия, подшипники, прокатный сортамент, уплотнения, отдельные детали штампов и прочее.

Библиотека SW Toolbox представляет собой Add-In к системе автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks и не может использоваться как отдельное приложение.

### Подключение библиотеки

1. Запустите приложение SolidWorks.
2. Выберите пункт меню **Инструменты, Добавления**. В появившемся диалоговом окне «Добавления» выберите из списка SolidWorks Toolbox и SolidWorks Toolbox Browser. Нажмите кнопку **ОК** и закройте диалоговое окно.

### Использование библиотеки

Чтобы добавить в сборку любое изделие из библиотеки SolidWorks Toolbox, достаточно найти его в библиотеке, перетащить в графическую область SolidWorks, затем в Менеджере свойств (PropertyManager) выбрать необходимые параметры изделия и нажать кнопку ОК.

Для примера добавим в сборку болт с шестигранной головкой класса точности В по ГОСТ 7798-70 исполнения 1 диаметром резьбы 8 мм и длиной резьбы 40 мм.

1. Откройте любую сборку.
2. Убедитесь, что подключена на панель задач SolidWorks, затем перейдите на вкладку «Библиотека проектирования». Здесь помимо библиотеки проектирования (design library) содержится библиотека стандартных изделий Toolbox, а также пользовательская интернет-библиотека 3D Content Central и другие папки с библиотеками, подключенные пользователем.
3. Нажмите «+» рядом с надписью **Toolbox**, раскроется список стандартов. Здесь перечислены все возможные стандарты, которые поставляются в составе библиотеки SolidWorks Toolbox, включая государственный стандарт РФ - ГОСТ.
4. Нажмите «+» рядом со стандартом **ГОСТ**. Раскроется *список категорий* этого стандарта
5. Нажмите «+» рядом с категорией **Болты и винты**. Раскроется *список типов* данной категории

6. Нажмите «+» рядом с типом **Болты**. Раскроется *список изделий* рассматриваемого типа
7. Из списка изделий выберите болт по ГОСТ 7798-70, нажмите на него левой кнопкой мыши и, не отпуская кнопки, перетащите в графическую область сборки SolidWorks. В Менеджере свойств (PropertyManager) выберите параметры болта.
8. Для параметра *Size* (размер) из выпадающего списка выберите – М8.
9. Аналогично для параметра *Length* (длина болта) выберите 40 (т.е. длину болта, соответствующую диаметру резьбы М8), затем из выпадающего списка выберите исполнение болта – 1. В результате в качестве значения параметра *Наименование*, получим наименование болта, состоящее из выбранных параметров, а именно Болт М8х40 ГОСТ 7798-70 .



Раскрывая выпадающий список *Доп. параметры* можно указать отображать или нет дополнительные параметры болта, такие как класс прочности, материал, тип покрытия и так далее, которые в последствии попадут в наименование детали.

---

10. Нажмите кнопку **ОК**. Теперь в сборке присутствует болт с выбранными параметрами.

## Структура данных SolidWorks Toolbox

Информация о стандартах, исполнениях деталей и геометрических размерах стандартных изделий хранится в базе данных SWBrowser.mdb. База данных не нормализована. Все связи реализованы программным путем.

### Структура базы данных

База данных состоит из таблиц, которые по функциональному назначению делятся на следующие типы:

- таблицы структуры;
- таблицы конфигурации;
- таблицы данных.

**Таблицы структуры** предназначены для хранения существующих систем стандартов и группировки стандартных изделий по категориям и типам.

В браузере Toolbox после заполнения базы данных структура будет реализована по следующему макету:

## 1. Стандарт 1 (таблица «Standards»)

- Категория 1 (таблица \*\_Categories)
  - Тип 1 (таблица \*\_Types)

## 2. Стандарт 2 (таблица «Standards»)

К таблицам структуры относятся следующие таблицы базы данных SWBrowser.mdb:

- Standards;
- \*Categories;
- \*Types.

\* - префикс таблиц стандартов. Каждая система стандартов имеет собственный префикс таблиц стандартов. Он добавляется ко всем таблицам, которые относятся к рассматриваемому стандарту. Например, стандарту ГОСТ соответствует префикс GOST\_.

---

**Таблицы конфигурации** предназначены для связи размеров \модели SolidWorks с полями таблиц данных базы данных Toolbox, определения состава отображаемых параметров (рис. 8), а также погашения или отображения элементов модели SolidWorks. Каждой детали соответствует одна основная таблица конфигурации и, при необходимости, одна или несколько дополнительных таблиц. Например, GOST\_CFG\_BS\_HBOLT7805 – таблица конфигурации для болта по ГОСТ 7805-70.

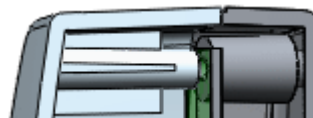
---

**Таблицы данных** предназначены для хранения значений параметров модели, которые предусмотрены стандартом. Каждой детали соответствует одна основная и одна или несколько дополнительных таблиц данных (таблицы длин болтов (винтов), таблицы исполнений и др.). Число таблиц и состав полей в каждой таблице определяется разработчиком.

### 53. Создание крепежных элементов в SolidWorks.

Использование крепежей упрощает создание обычных элементов для пластиковых деталей и деталей из листового металла. Можно создать следующее:

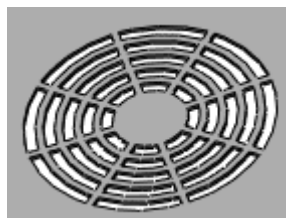
- **Монтажные бобышки.** Можно создать различные монтажные бобышки. Задайте количество ребер и выберите отверстие или шпильку.



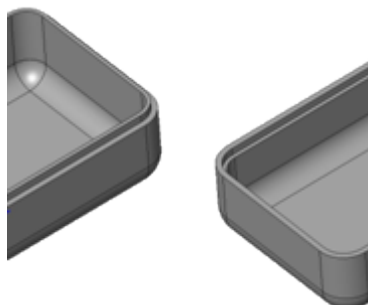
- **Крюки с фиксаторами и канавки под крюки с фиксаторами.** Можно настроить крюки с фиксаторами и канавки под крюки с фиксаторами. Сначала необходимо создать крюк с фиксатором, а затем - канавку под крюк с фиксатором.



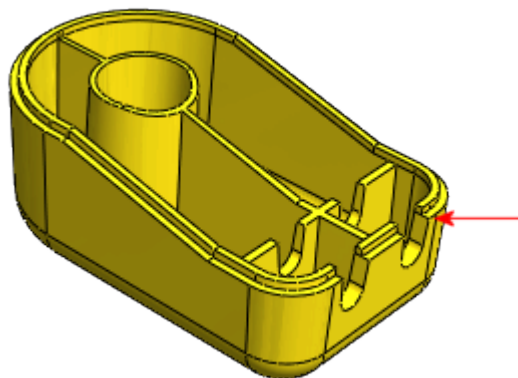
- **Вентиляционные отверстия.** Можно создать различные вентиляционные отверстия, используя создаваемый эскиз. Задайте количество ребер и перекладин. Область потока рассчитывается автоматически.



- **Выступы и канавки.** Выравнивание, сопряжение и объединение двух пластиковых деталей. Выступы и канавки можно использовать в многотельных деталях и сборках.








Создание элемента выступа и канавки в том случае, когда между выступом и канавкой находится несколько граней, например, в шурфе для двухтрубки или при наличии зазора в линии разъема.



### Чтобы создать крепеж:

1. Нажмите инструмент крепежей (панель инструментов Крепежи) или выберите **Вставка, Крепеж**, а затем выберите один из следующих типов крепежа.

- **Монтажная бобышка** 
- **Крюк с фиксатором** 
- **Канавка карабина с фиксатором**  (Сначала необходимо создать карабин с фиксатором.)
- **Отверстие**  (Сначала необходимо создать эскиз отверстия.)
- **Выступ/канавка** 

2. Установите параметры в окне PropertyManager:

3.

- **Монтажная бобышка**
- **Крюк с фиксатором**
- **Канавка карабина с фиксатором**
- **Вход**
- **Выступ / Канавка**

Щелкните 

