

# САПР компонентов мехатронных модулей

**Мехатрoника** — это область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, обеспечивающими проектирование и производство качественно новых модулей, систем, машин и систем с интеллектуальным управлением их функциональными движениями. Для мехатроники характерно стремление к полной интеграции механики, электрических машин, силовой электроники, программируемых контроллеров, микропроцессорной техники и программного обеспечения.

**Это из Википедии.**



## САПР компонентов мехатронных модулей

Мехатронный модуль — это функционально и конструктивно самостоятельное изделие для реализации движений с взаимопроникновением и синергетической аппаратно-программной интеграцией составляющих его элементов, имеющих различную физическую природу.

Это из Википедии.



# САПР компонентов мехатронных модулей

**Система автоматизированного проектирования** — автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования<sup>[1]</sup>, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.<sup>[2][3]</sup> Также для обозначения подобных систем широко используется аббревиатура **САПР**.

**Это из Википедии.**



# САПР компонентов мехатронных модулей

Проектирование технического объекта – создание, преобразование и представление в принятой форме образца этого, ещё не существующего, объекта.



## САПР компонентов мехатронных модулей

Инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности в некоторых технических объектах.

Результатом проектирования служит, как правило, полный комплект документов, содержащий сведения, достаточные для изготовления объекта. Эта документация и есть проект – окончательное описание объекта.



## САПР компонентов мехатронных модулей

Проектирование предполагает выполнение комплекса работ исследовательского, расчётного и конструкторского характера.

Проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путём взаимодействия человека с ЭВМ, называется автоматизированным.



# САПР компонентов мехатронных модулей

Система, реализующая автоматизированное проектирование, представляет собой систему автоматизированного проектирования - САПР (CAD – Computer Aided Design).



# САПР компонентов мехатронных модулей

Процесс проектирования имеет две основные особенности.

Во-первых, состав и последовательность его этапов не зависят от целевого назначения проекта.

Во-вторых, логика процесса проектирования инвариантна к способу проектирования.





# Системный подход к проектированию

Наиболее общим подходом к проектированию является системный подход. Он заключается в рассмотрении частей сложной системы с учётом их взаимодействия. Системный подход включает в себя выявление структуры системы, типизацию связей, определение свойств (атрибутов) системы, анализ влияния внешней среды.



# Системный подход к проектированию

В технике дисциплину, в которой исследуются сложные технические системы и их проектирование, чаще всего называют системотехникой. Её предметом является, во-первых, организация процесса создания, использования и развития технических систем, а во-вторых, методы их проектирования и исследования.



# Системный подход к проектированию

В системотехнике можно выделить три основных подхода к процессу проектирования:

1. структурный;
2. блочно-иерархический;
3. объектно-ориентированный.



# Системный подход к проектированию

При структурном подходе требуется синтезировать варианты системы из компонентов (блоков, модулей) и оценить эти варианты.

Он основан на идее алгоритмической декомпозиции, где каждый блок (модуль) системы выполняет один из этапов общего процесса.



# Системный подход к проектированию

Блочно-иерархический подход к проектированию использует идеи декомпозиции описания сложных объектов на иерархические уровни, вводит понятие стиля проектирования (восходящее, нисходящее), устанавливает связь между параметрами соседних иерархических уровней.



# Системный подход к проектированию

При блочно-иерархическом подходе к проектированию представление о проектируемой системе расчленяют на иерархические уровни.

На верхнем уровне используют только самые общие черты и особенности проектируемой системы.



# Системный подход к проектированию

На следующих уровнях степень подробности описания возрастает (при этом рассматриваются уже отдельные блоки системы с учётом их взаимодействия).

Это позволяет на каждом иерархическом уровне формулировать задачи приемлемой сложности.



# Системный подход к проектированию

Для большинства приложений характерны следующие иерархические уровни:

1. системный уровень, на котором решаются наиболее общие задачи проектирования систем, машин и процессов; рез-ты проектирования представляются в виде структурных схем, генеральных планов, схем размещения оборудования и т.д.



# Системный подход к проектированию

2. макроуровень, на котором проектируют отдельные устройства, узлы машин и приборов; результаты представляют в виде функциональных, принципиальных и кинематических схем, сборочных чертежей и т.д.

3. микроуровень, на котором проектируют отдельные детали и элементы машин и приборов.



## Системный подход к проектированию

В каждом приложении число выделяемых уровней и их наименование может быть различным (в радиотехнике, вычислительной технике, машиностроении и т.п.). В машиностроении имеются уровни деталей, узлов, машин и комплексов.



# Системный подход к проектированию

В зависимости от последовательности решения задач иерархических уровней различают нисходящее, восходящее и смешанное проектирование (стили проектирования).

Восходящее проектирование предполагает решение задач от нижних уровней к верхним. Нисходящее проектирование – от верхних к нижним.



# Системный подход к проектированию

Смешанный стиль имеет элементы как восходящего, так и нисходящего проектирования.

В большинстве случаев для сложных систем предпочтение отдают нисходящему проектированию, но часто используют и смешанное.



## Системный подход к проектированию

Неопределённость и нечёткость исходных данных при нисходящем проектировании (так как ещё не спроектированы компоненты) или исходных требований при восходящем проектировании (т.к. тех. задание имеется на всю систему, а не на её части) обуславливают необходимость прогнозирования недостающих данных с последующим их уточнением.



# Системный подход к проектированию

Наряду с декомпозицией описаний на иерархические уровни применяют разделение представлений о проектируемых объектах на аспекты.

Аспект описания (страта) - описание системы или её части с некоторой оговоренной точки зрения, определяемой функциональными, физическими или иного типа отношениями между свойствами и элементами.



# Системный подход к проектированию

Различают функциональный,  
информационный, структурный и  
поведенческий (процессный) аспекты.

**Функциональное** описание относят к  
функциям системы и чаще всего  
представляют в виде функциональных схем.



## Системный подход к проектированию

Информационное описание включает в себя основные понятия предметной области (сущности), словесное пояснение или числовые значения характеристик (атрибутов) используемых объектов, а также описание связей между этими понятиями и характеристиками. Информационные модели можно представлять графически (графы, диаграммы сущность – отношение), в виде таблиц и списков.



# Системный подход к проектированию

Структурное описание относится к морфологии системы, характеризует составные части и их межсоединения и может быть представлено структурными схемами, а также различного рода конструкторской документацией.



## Системный подход к проектированию

Поведенческое описание характеризует процессы функционирования (алгоритмы) системы и (или) технологические процессы создания системы.

В общем случае выделение страт может быть неоднозначным.



## Системный подход к проектированию

Так, помимо указанного подхода очевидна целесообразность выделения таких аспектов, как функциональное (разработка принципов действия, структурных, функциональных, принципиальных схем), конструкторское (определение форм и пространственного расположения компонентов изделия), алгоритмическое (разработка алгоритмов и ПО) и технологическое (разработка ТП) проектирование систем.

## Системный подход к проектированию

Объектно-ориентированный подход рассматривает сложную систему как совокупность взаимодействующих друг с другом объектов, каждый из которых является экземпляром определённого класса. Такой подход перспективен при проектировании сложных систем.



## Стадии проектирования

При использовании любого из трёх описанных ранее подходов к проектированию сам процесс проектирования разбивается на отдельные стадии проектирования.

Стадии проектирования – наиболее крупные части процесса проектирования, развивающегося во времени.



# Стадии проектирования

В общем случае выделяют стадии:

1. научно-исследовательских работ (НИР),
2. эскизного проекта или опытно-конструкторских работ,
3. технического проекта,
4. рабочего проекта,
5. испытаний опытных образцов или опытных партий.



# Стадии проектирования

Стадию НИР иногда называют предпроектными исследованиями или стадией технического предложения.

По мере перехода от стадии к стадии степень подробности и тщательности проработки проекта возрастают.

Рабочий проект должен быть вполне достаточным для изготовления опытных или серийных образцов.



# Стадии проектирования


Стадии (этапы) проектирования подразделяют на составные части, называемые проектными процедурами. Примерами проектных процедур могут служить подготовка детализированных чертежей, анализ кинематики, моделирование переходного процесса, оптимизация параметров.





## Стадии проектирования

В свою очередь, проектные процедуры можно расчлениить на более мелкие компоненты, называемые проектными операциями. Например, при моделировании переходного процесса операциями могут быть построение мат. модели в виде линейных или нелинейных диф. ур-ий, выбор метода численного интегрирования, представление результатов в графической форме.



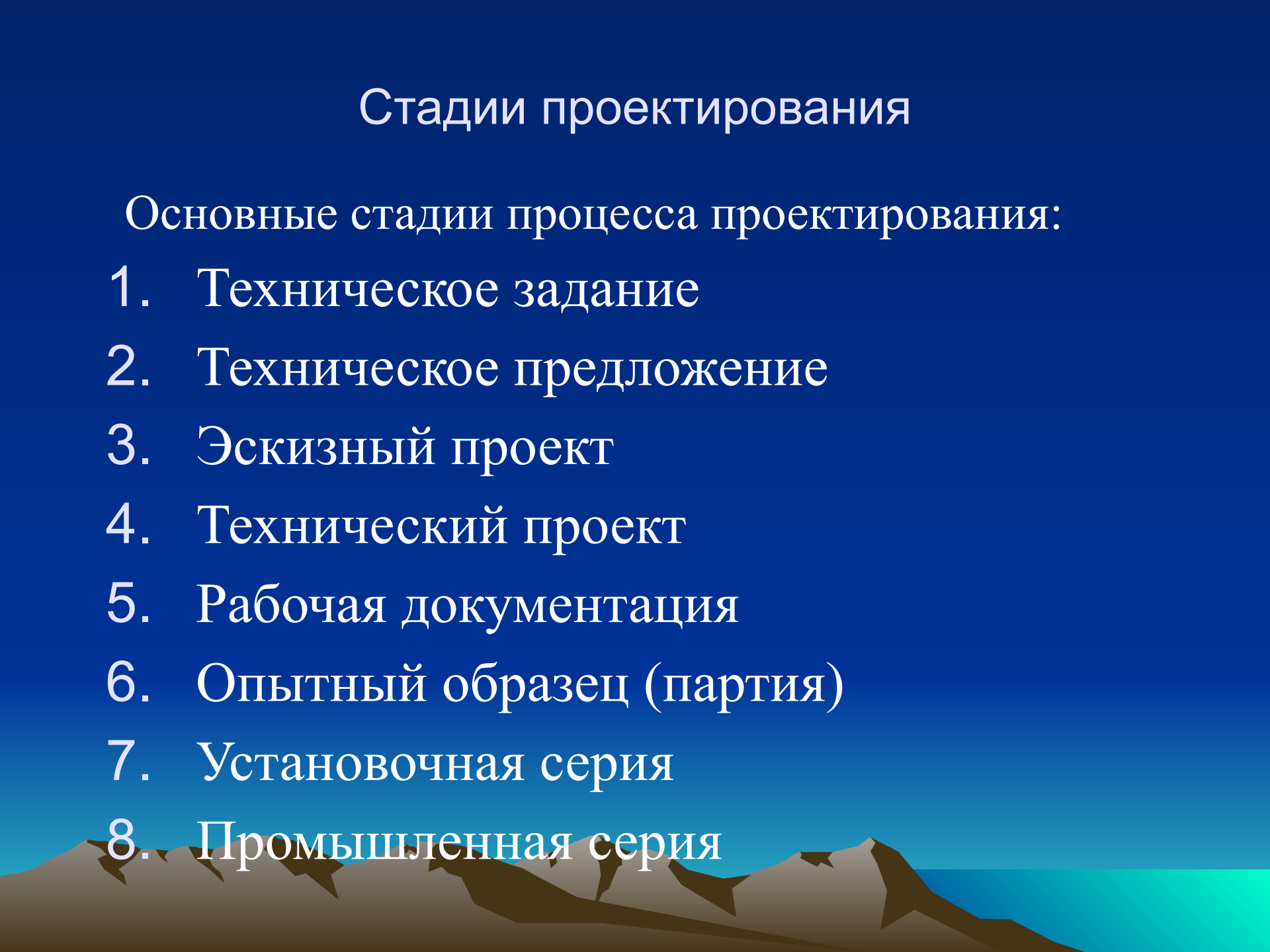
## Стадии проектирования

Разделение процесса проектирования на последовательные стадии (этапы) является в некоторой степени условным, поскольку в процессе проектирования пересматриваются и уточняются ранее принятые решения.



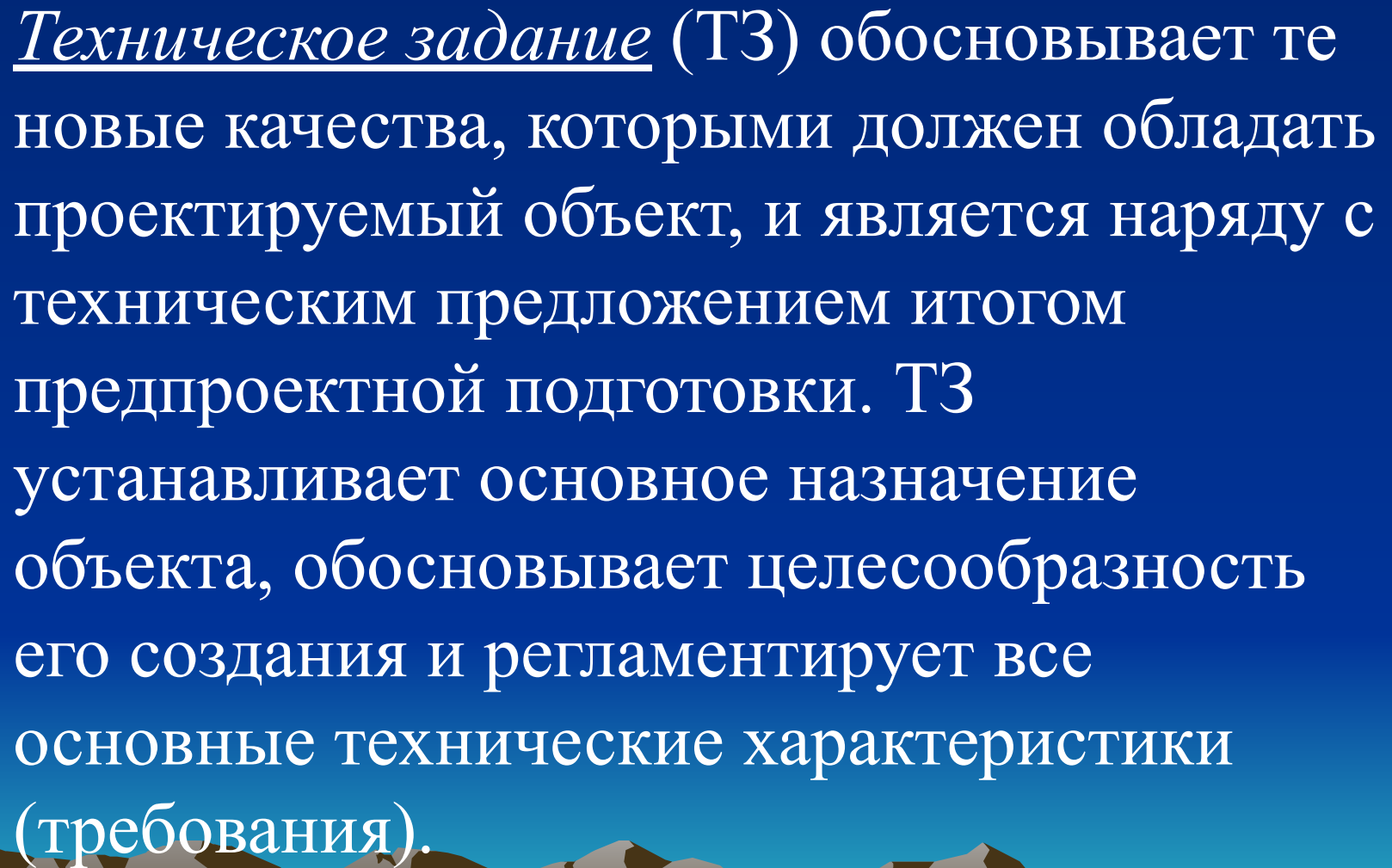
# Стадии проектирования

Основные стадии процесса проектирования:

1. Техническое задание
  2. Техническое предложение
  3. Эскизный проект
  4. Технический проект
  5. Рабочая документация
  6. Опытный образец (партия)
  7. Установочная серия
  8. Промышленная серия
- 

## Стадии проектирования

Техническое задание (ТЗ) обосновывает те новые качества, которыми должен обладать проектируемый объект, и является наряду с техническим предложением итогом предпроектной подготовки. ТЗ устанавливает основное назначение объекта, обосновывает целесообразность его создания и регламентирует все основные технические характеристики (требования).



## Стадии проектирования

### Техническое предложение (ТП)

формулирует принятую концепцию.

Уточняя и развивая ТЗ. Оно состоит из совокупности конструкторских документов, необходимых для дальнейшего проектирования. ТП обеспечивает и уточняет технические характеристики проектируемой машины и диапазоны эксплуатационных нагрузок и скоростей.



## Стадии проектирования

Эскизный проект содержит предварительную конструкторскую проработку всех основных узлов и является развитием ТП. Он базируется на анализе различных конструкторских решений, результатах расчётов, оптимизации важнейших параметров и характеристик машины.



## Стадии проектирования

Технический проект включает в себя окончательную конструкторскую проработку всех чертежей узлов, схем машины и её общих видов. На этом этапе производят все виды уточнённых и поверочных расчётов, оптимизируют необходимые параметры узлов и систем машины. Проект должен содержать все исходные данные для разработки комплекта технической документации на проектируемый объект.



## Стадии проектирования

Рабочая документация (РД) – завершающий этап проектирования. Он включает в себя разработку рабочих чертежей всех оригинальных деталей и постановку технических требований на их изготовление, составление технологической документации. РД должна содержать все данные для изготовления объекта. Выпуск РД упрощается при применении САПР.





## Стадии проектирования

После разработки РД осуществляется технологическая подготовка производства и последующие этапы изготовления и отладки спроектированной машины.

В ряде случаев для сокращения сроков выпуска новой техники технологич.

подготовку производства начинают заранее до завершения выпуска комплекта РД.



## Предпроектная стадия разработки

Предпроектная стадия разработки мехатронных систем (МС) включает в себя следующие проектные процедуры:

- определение основных функций (назначение) системы (модуля, машины, агрегата);
- подготовка технических требований к системе;
- технико-экономическое обоснование проекта;

## Предпроектная стадия разработки


- анализ рынка сбыта;
- составление бизнес-плана проекта;
- патентный поиск аналогов;
- научно-исследовательские работы (НИР);
- опытно-конструкторские работы (ОКР).

Предпроектная стадия разработки (проекта) заканчивается созданием ТЗ и технического предложения на проект.



## Предпроектная стадия разработки

Технические требования, разработанные на предпроектной стадии, называются исходными техническими требованиями. В них приводятся входные и выходные характеристики (параметры) мехатронной системы и её основные параметры. Дается описание характерных внешних воздействий на систему и вызываемых допустимых отклонений от нормальных режимов работы.



## Предпроектная стадия разработки


Исходные технические требования дополняются и уточняются при формулировке ТЗ и технического предложения. После этого формируется представление о функционировании мехатронной системы и о возможности реализации ТЗ.



Предпроектная стадия разработки

Техническая целесообразность, как правило, обусловлена появлением новых материалов, технологических процессов или принципиально новых технических решений.

Экономическая целесообразность определяется существенным повышением производительности, либо экономией энергоресурсов, либо увеличением универсальности.



Предпроектная стадия разработки

Технико-экономическое обоснование проекта (ТЭО) нужно для доказательства необходимости выбора именно предлагаемого варианта оборудования, технологии, процесса...

Обоснованием проекта является его бизнес-план.



## Предпроектная стадия разработки

Бизнес-план может быть использован в качестве внутреннего документа при планировании деятельности и в качестве коммерческого предложения для внешней стороны – инвестора, кредитора.





Предпроектная стадия разработки

Научно-исследовательские работы (НИР) на предварительной стадии начинаются с патентного поиска в предметной области проекта.

Цели патентного поиска определяются задачами использования технических решений, содержащихся в патентных документах. Поиск может проводиться на этапах создания, освоения и реализации новой техники и технологии.

## Предпроектная стадия разработки

Результаты патентного поиска затем используются при выполнении НИР и ОКР на предварительной стадии проектирования для оформления ТЗ и конкретного технического предложения по проекту.



Предпроектная стадия разработки

НИР и ОКР призваны обеспечить научную и конструкторскую проработку принципиальной схемы мехатронной системы, техническую и технологическую возможности её реализации, технические требования к системе.

Арсенал методов НИР весьма широк.



## Предпроектная стадия разработки

Например, в НИР используют методы моделирования и имитации сложных технических систем с целью их оптимизации и проверки работоспособности. Широко используются САПР, включая методы виртуального проектирования (см. файл).



## Предпроектная стадия разработки

При выполнении ОКР перспективным является создание и использование систематизированного банка известных проектных решений применительно к мехатронным системам для решения функциональных задач.

Результаты ОКР используются на стадиях «Техническое предложение» и «Эскизный проект».



## Предпроектная стадия разработки

Подготовленное на предпроектной стадии ТЗ содержит следующие основные разделы:

- наименование и область применения изделия
- назначение изделия
- технические требования к изделию
- технико-экономические показатели
- порядок испытаний и приёмки изделия.



# Предпроектная стадия разработки

К критериям качества проектной работы относятся:

1. Функциональная полнота системы
2. Технологичность конструктивных элементов
3. Минимизация ресурсов
4. Минимизация массы конструктивных элементов



## Предпроектная стадия разработки

5. Глубина синергетической интеграции
6. Надёжность
7. Экономичность
8. Эргодичность
9. Возможность развития системы...





# Основные принципы проектирования

При решении задач проектирования руководствуются рядом основных принципов.

## 1. Последовательность и итерационность.

Последовательность заключается в строгой очерёдности выполнения этапов проектирования механизма или машины, а итерационность – в корректировке проектных решений, полученных на предыдущих этапах проектирования.

# Основные принципы проектирования

2. Модульный принцип проектирования состоит в максимально возможном использовании однотипных узлов (или элементов узлов) при проектировании семейства машин различного целевого назначения. Сложные системы необходимо проектировать так, чтобы поведение одной части системы оказывало минимальное воздействие на остальную систему.



## Основные принципы проектирования

Применение модульного принципа при проектировании одного механизма или одной машины бессмысленно и невозможно. Только в случае разработки семейства машин и использовании при этом ограниченного числа готовых узлов последние становятся модулями.



# Основные принципы проектирования

Модули являются следствием принятого технического решения, так как в принципе можно проектировать так, что узлы одного назначения не будут даже отдалённо похожи друг на друга.

Различают модули

1. производственные,
2. технологические,
3. конструкционные.



# Основные принципы проектирования

Производственные модули применяются без изменений в машинах различного целевого назначения.

Технологические модули отличаются технологией изготовления и незначительными конструкторскими изменениями, относящимися, как правило, к местам крепления узлов.

Конструкционные модули имеют конструкционное подобие, но различные размеры.



# Основные принципы проектирования

Современное техническое обеспечение САПР позволяет легко получать зеркальные изображения узлов (технологические модули) с минимальными затратами труда и времени.

Несколько сложнее получить конструкционные модули, так как при их проектировании необходимо одновременно выполнять требования соблюдения размерных рядов и максимально возможной унификации.



# Основные принципы проектирования

При использовании модульного принципа проектирования на уровне принятия концепции должен быть решён вопрос о критерии целесообразности его применения для проектируемого семейства машин.

Модули, используемые в последующих разработках, переходят в категорию унифицированных узлов.



# Основные принципы проектирования

Принцип унификации связан с применением в семействе проектируемых механизмов или машин унифицированных сборочных единиц (узлов, агрегатов), деталей (оригинальных и стандартных), комплектующих.

Как показывает опыт автоматизированного проектирования, применение типовых унифицированных деталей нецелесообразно. Выгоднее иметь большое количество макросов и существенные заделы в БД по модификациям и унифицированным узлам. Это позволяет избегать излишней детализации конструкт. разработок.



# Основные принципы проектирования

Принцип соответствия выбора номенклатуры и значений выходных характеристик целевому назначению проектируемой машины или механизма. Чем ответственнее проектируемый объект, тем большее число выходных характеристик и параметров объекта регламентируется и тем более жёсткие требования к ним предъявляются. Например, вероятность безотказной работы станков принимается в пределах 0,95 – 0,99, а самолётов – 0,99999



# Основные принципы проектирования

Другой пример. Число установленных и проверяемых выходных параметров точности станка при высоких требованиях к точности обрабатываемых деталей может достигать 20-30, в то время как для станков нормальной точности достаточно регламентировать 8-10 показателей



# Основные принципы проектирования

Принцип компромиссов. Проектирование – это непрерывная цепь компромиссов, которые приходится принимать на всех стадиях создания механизма или машины. Например, стремление к увеличению частоты вращения шпиндельных узлов всегда приводит к увеличению тепловыделения в опорах, которое не может превышать определённого уровня, и принятие окончательного решения всегда требует компромисса.



# Основные принципы проектирования

Улучшение любой технической характеристики машины (скорости, грузоподъёмности, точности, надёжности, производительности...) неизбежно вызывает увеличение её стоимости, трудоёмкости изготовления, часто требует другого уровня обслуживания и повышения культуры эксплуатации, что всегда приводит к компромиссным решениям (Зеленецкий П.М.).



# Основные принципы проектирования

Принцип преемственности. Практически любые механизмы и машины являются продуктом эволюции, и в них всегда имеются элементы, детали и узлы, разработанные ранее. Соблюдение преемственности является одним из эффективных путей снижения затрат и сокращения сроков создания машины.

*Суть проектирования – обеспечение требуемых характеристик машины, а не погоня за оригинальностью.*



# Основные принципы проектирования

Преимственность определяется самой логикой последовательного развития машин.

Модернизация позволяет поддерживать показатели выпускаемых машин на уровне возрастающих требований в течение определённого времени без коренной переработки конструкции. Например, ведущие автомобильные фирмы выпускают принципиально новую модель только раз в 8-10 лет.



# Основные принципы проектирования

Вопрос заключается в том, как *наиболее рационально сочетать новое со старым*. Это зависит как от качества отработки отдельных проектных решений (стоит ли заменять), так и от уровня технологической подготовки производства (можем ли заменить). На этом пути существуют две основные опасности: *консерватизм*, влекущий за собой отказ от творческого поиска, и *психологическая инерция*, в результате которой конструктору трудно отрешиться от своего решения.



# САПР

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





# САПР

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

