

Проектирование ОЭП



Основные понятия и определения

“

Проектированием в технике называется «разработка проектной, конструкторской и другой технической документации, предназначенной для создания новых видов и образцов продукции промышленности».

Цель проектирования – разработка нового изделия.

В процессе **проектирования** происходит:

- поиск вариантов создания оптико-электронных приборов;
- поиск возможных конструкций ОЭП;
- разработка и уточнение схем;
- теоретическое и экспериментальное исследование характеристик предполагаемых инженерных решений и т.п.

Конструирование является составной частью проектирования и заключается в разработке конкретного варианта изделия на основе проведенных предварительных исследований.

При этом создается конструкция проектируемого изделия:

- устройство, состав, взаимное расположение частей и элементов;
- способ их соединения и взаимодействия с учетом используемых материалов, технологии изготовления и т.п.

В процессе проектирования:

- выпускают чертежи сборочных единиц и деталей;
- схемы;
- рассчитывают допуски на погрешности и технологию изготовления и сборки деталей;
- устанавливают технические условия на прибор;
- составляют техническое описание;
- разрабатывают другую конструкторскую документацию, необходимую для изготовления и эксплуатации изделия.

Уровни проектирования



Разработка ОЭП, проводится в определенной последовательности.

Отправной точкой создания любой системы являются выбор и формулировка цели проектирования.

Необходимость создания нового изделия определяется:

- развитием конкретного направления техники;
- запросами потребителей.

Обоснование исходных данных требует учета:

- назначения системы;
- основных видов ее взаимодействия с другими системами или подсистемами, если она является подсистемой, входящей в состав другой более крупной системы;
- влияния внешних факторов.

В результате должна быть получена полная совокупность исходных данных для проектирования прибора, т.е. разработано техническое задание (ТЗ) на прибор, после утверждения которого можно переходить к собственно проектированию.

Различают следующие основные **уровни проектирования:**

1. Информационно-логический

2. Системотехнический

3. Схемотехнический

4. Конструкторский

5. Технологический

1,2 и 3 уровни иногда объединяют в функциональный или схемный уровень

В процессе проектирования на **информационно-логическом уровне**:

- определяется конкретная структура данного прибора;
- определяются связи функциональных устройств между собой;
- устанавливаются требования технических заданий на проектирование отдельных функциональных устройств, исходя из требований ТЗ на прибор в целом.

Техническое задание на проектирование того или иного устройства содержит требования к сигналам, информации и командам, вырабатываемым этим устройством.

Таким образом, проектирование на этом уровне состоит из определения сначала структуры проектируемого объекта, а затем в определении оптимальных значений параметров этой структуры, т.е. составляющих ее элементов.

На **системотехническом уровне** производится проектирование отдельных функциональных устройств, т.е. процесс разбивается на отдельные ветви.

Каждое из функциональных устройств рассматривается как структура, состоящая из взаимосвязанных функциональных блоков.

Процесс проектирования заключается в определении оптимального состава и параметров блоков, например:

- оптической системы;
- приемника излучения;
- электронного тракта;
- системы отображения.

Все эти отдельные блоки рассматриваются на этом уровне как преобразователи сигналов, безотносительно к их внутреннему устройству.

Здесь определяются требования к преобразованию сигналов тем или иным блоком, т.е. к его передаточным и прочим характеристикам.

На **схемотехническом уровне** производится проектирование отдельных блоков, входящих в состав функциональных устройств, в соответствии с требованиями, определенными на предыдущем уровне.

Каждому блоку соответствует своя ветвь, причем, начиная с этого уровня, различные ветви имеют различную «специализацию» в соответствии с физической природой блоков, игнорируемой на предыдущем уровне.

Схемотехнический уровень является важнейшим при функциональном проектировании.

Он занимает наибольший объем работы и именно на этом уровне определяются основные параметры различных схем прибора, в конечном итоге обеспечивающие правильную работу.

На этом уровне выделяется **оптическая ветвь** и производится расчет **оптической системы прибора**.

Целью проектирования **оптической системы** на этом уровне является определение как ее структуры, т.е. количества входящих в нее элементов и их типов, так и численных значений параметров этих элементов.

На **электронной ветви** схемотехнического уровня производится проектирование электронных схем блоков, преобразующих сигналы.

Определяется структура схемы, т.е. состав и соединения ее функциональных элементов (резисторов, конденсаторов, транзисторов, интегральных схем и т.д.), а затем и значения их параметров.

На **механической ветви** производятся аналогичные действия по проектированию кинематической схемы какого-либо устройства прибора.

Таким образом в процессе **схемотехнического** проектирования разработчик определяет **элементную базу** будущего прибора.

Как показывает практика, очень часто проектирование новых элементов на этом уровне не требуется, и работа сводится к подбору элементов из имеющихся стандартных или покупных.

Рассмотренные уровни **функционального** проектирования являются типичными для ОЭП средней сложности.

В более простых случаях некоторые уровни могут исключаться, например, информационно-логический или системотехнический.

Конструкторский уровень.

Конструкторское проектирование, или просто конструирование, идет обычно параллельно **функциональному проектированию** или с некоторым отставанием и является важнейшей ветвью процесса проектирования, поскольку именно здесь опико-электронный прибор приобретает не только схемную, но и материальную (правда пока только в документации) реализацию.

Эти два уровня проектирования выполняются раздельно.

Так, например, результатом проектирования оптической системы (оптической схемы) прибора является оптический выпуск, содержащий всю необходимую информацию об оптической схеме, включая ее параметры и их допустимые отклонения и т.д.

На основании этой информации далее выполняется конструирование соответствующего оптического узла, например, объектива, диафрагм, механизма фокусировки объектива и т.д.

Выпускаются чертежи всех деталей этого объектива, включая оптические сборочные чертежи отдельных узлов и объектива в целом.

Этот процесс может быть **итерационным**.

Так, в случае, если конструктору никак не удастся надежно закрепить какую-либо оптическую деталь из-за неудачных с конструктивной точки зрения ее параметров, например, слишком крутых радиусов кривизны, приходится возвращаться на ветвь функционального проектирования и пересчитывать оптическую схему с изменением ее параметров.

Аналогичная картина наблюдается для **электронных и кинематических схем.**

После того, как они разработаны на уровне функционального проектирования, конструктор материализует эти схемы в виде определенного монтажа на печатной плате, в виде деталей и узлов механизма.

Конструирование, также как и функциональное проектирование, разделяется на уровни.

Верхний уровень – это **компоновочный**, на котором определяется общая компоновка всего прибора, взаимное расположение его отдельных узлов.

Один или несколько следующих уровней, в зависимости от сложности прибора – это **уровни узлов (сборочных единиц)**, где разрабатываются конструкции отдельных частей прибора.

Сразу за **компоновочным уровнем** процесс конструирования может разделяться на ветви, соответствующие **различным узлам**, например:

- механическим,
- оптико-механическим,
- электронным или электромеханическим узлам и т.д.

И, наконец, последний уровень – это **уровень деталей**, на котором разрабатываются и выпускаются рабочие чертежи отдельных деталей.

На уровне **технологического** проектирования производится разработка технологических процессов изготовления прибора. Здесь выделяются **различные уровни**:

- **верхний уровень – испытание прибора**, на котором разрабатываются методики испытаний прибора на соответствие различным пунктам технического задания;
- **уровень юстировки** прибора, где разрабатываются методики юстировки;

- **уровень сборки** всего прибора, который разветвляется по отдельным узлам (сборочным единицам).

На этих уровнях разрабатываются **техпроцессы сборки, юстировки и контроля** различных сборочных единиц прибора.

Наконец, на низших уровнях разрабатываются **технологические процессы** изготовления деталей.

Результатами работы на ветви технологического проектирования являются технологические карты, методики юстировки и контроля и др.

Проектирование с использованием системного подхода

Сущность **системного** подхода – объект проектирования рассматривается как система, т.е. как единство взаимосвязанных элементов, которые образуют единое целое и действуют в интересах реализации единой цели.

Системный подход включает в себя:

- выявление структуры системы;
- типизацию связей;
- определение свойств системы;
- анализ влияния внешней среды.

Системный подход требует:

- рассматривать каждый элемент системы во взаимосвязи и взаимозависимости с другими элементами;
- вскрывать закономерности, присущие данной конкретной системе;
- выявлять оптимальный режим ее функционирования.

Системный подход - попытка создать целостную картину исследуемого или управляемого объекта.

Исследование или описание отдельных элементов при этом производится с учетом роли и места элемента во всей системе.

Процесс функционирования сложной системы происходит на многих уровнях.

Система расчленяется на подсистемы, которые представляют собой компоненты, необходимые для существования и действия системы.

Методическим средством реализации системного подхода к проектированию служит **системный анализ**, под которым понимается совокупность приемов и методов исследования объектов посредством представления их в виде систем и их последующего анализа.

Системный анализ предполагает системный подход и к изучению связей между элементами, между подсистемами и системой.

В основе **системного подхода** лежат следующие основные принципы и положения:

- **Принцип цели** – должна быть ясна цель проектирования.
- **Принцип целостности** – объект рассматривается как единая система, состоящая из устройств, сборочных единиц элементов, функциональных устройств.

- **Иерархичность строения.** Всякая система допускает разделение на подсистемы, что приводит к ступенчатости конструкции. Выявление и представление иерархии структуры объекта проводится с целью установления связей между частями объекта.
- **Необходимо обобщение** опыта и оценка перспектив развития систем данного или близких классов.

- **Всестороннее рассмотрение** взаимодействия системы с внешней средой и учет основных видов взаимодействия элементов и узлов внутри системы.
- **Выбор** критерия и показателей качества. Установление перспектив развития объектов.
- **Правильное** сочетание различных методов проектирования, в первую очередь, математических, эвристических и экспериментальных. Итерационный метод проектирования.

Блочно – иерархический подход к проектированию

Если в **системном подходе** прибор рассматривается как сложная система, состоящая из связанных и взаимодействующих частей, то при **блочно-иерархическом** подходе прибор рассматривается как иерархическая структура, состоящая из большого количества уровней и ветвей, наподобие некоторого опрокинутого дерева (**рис. 1**).

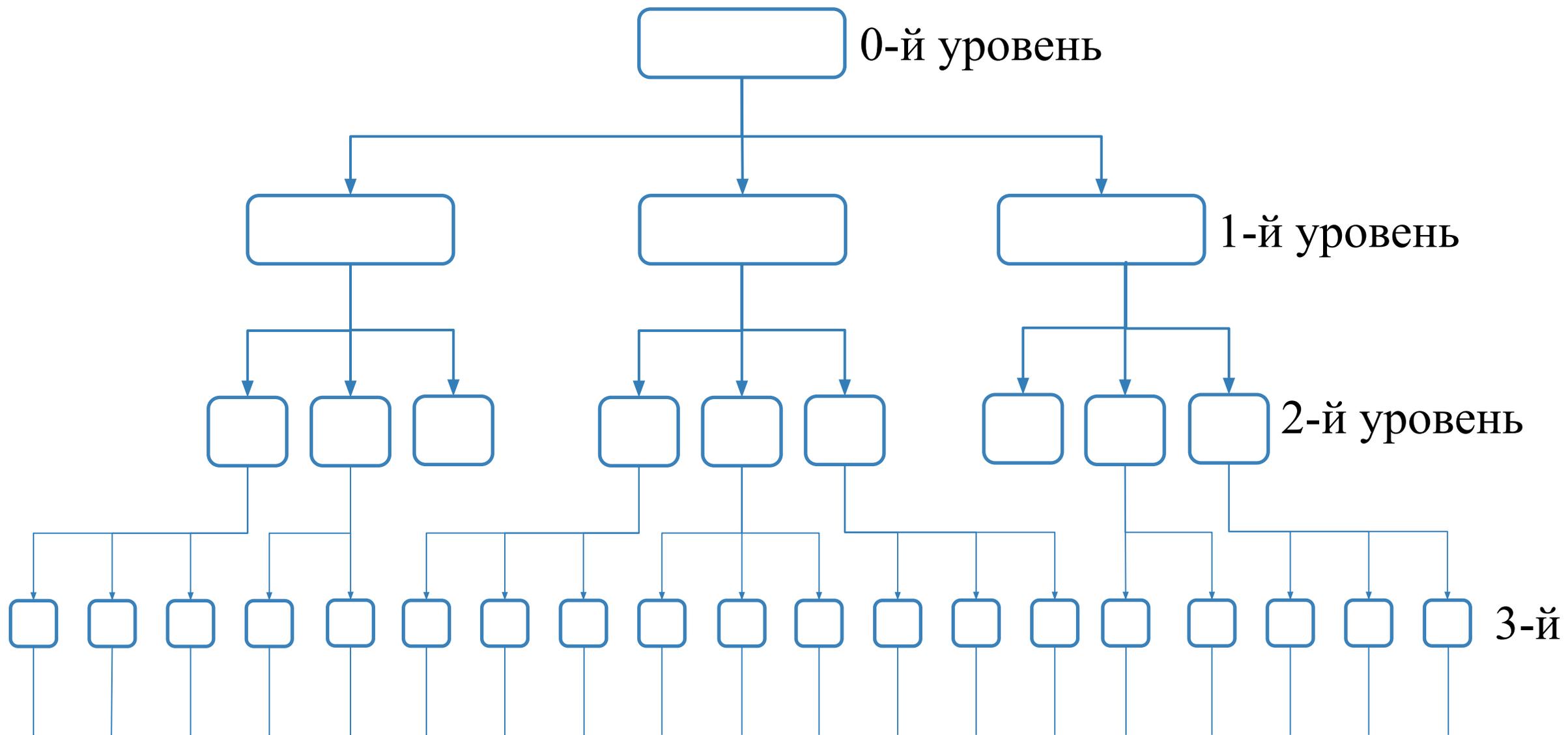


Рис.1. Блочнo-иерархическая структура

При таком подходе в объекте проектирования может быть выделен ряд **иерархических уровней**.

На верхнем уровне подлежащий проектированию сложный объект состоит из ряда менее сложных элементов (например, для ОЭП – приемная система, электронный блок обработки сигналов и т.д.).

Указанные элементы на более **низком иерархическом** уровне, в свою очередь, являются системами элементов менее сложной структуры (например, в приемную оптическую систему могут входить объектив, компенсатор, анализатор изображения и т.д.).

Подобное разделение на элементы может продолжаться до некоторого уровня, на котором дальнейшее разделение становится уже невозможным.

Элементы, полученные на этом уровне, по отношению к объекту проектирования являются **базовыми**.

Применительно к ОЭП такими **базовыми элементами** будут **детали** (оптические, механические и др.) и различные комплектующие изделия (электро- и радиоэлементы, подшипники, электродвигатели и т. п.).

Например, в общем случае, для произвольного оптико-электронного прибора можно выделить ряд следующих **иерархических уровней**:

- приборное устройство (или его конструируемая часть);
- функциональная единица;
- сборочная единица - изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями;
- деталь - изделие, изготовленное из однородного (по наименованию и марке) материала без применения сборочных операций.

Общий процесс проектирования при таком подходе представляется в виде движения по рассматриваемому дереву, при котором выполняются элементарные проектные операции на каждом уровне и на каждой ветви.

При этом структура проектирования также является **блочной-иерархической**, причем на каждом уровне и ветви процесс проектирования имеет дело с небольшим количеством элементов, рассматриваемых как целые, благодаря чему этот процесс достаточно несложен и вполне реализуем при нормальных ресурсах.

Весь процесс проектирования, сплетающийся в виде блочно-иерархической структуры таких элементарных процессов, также теперь становится вполне реализуемым.

Такая структура позволяет осуществлять общий процесс проектирования, используя различные направления движения по блочно-иерархическому дереву.

В зависимости от направления движения различают **нисходящее, восходящее и смешанное проектирование.**

Нисходящее проектирование начинается с верхнего уровня, где прибор рассматривается как целое.

Затем проектируется его структура первого уровня.

Затем второго и т.д.

Результатом проектирования на данном уровне является техническое задание для проектирования на следующем, более низком уровне.

Нисходящее проектирование всегда гарантирует выполнение требований технического задания на каждом уровне и поэтому должно бы считаться наиболее рациональным.

Но на каком-то уровне процесс проектирования может остановиться из-за того, что при существующих физических, технических, технологических или экономических ограничениях решение обратной задачи и соблюдение технического задания данного уровня становится невозможным.

В этом случае придется возвращаться на предыдущий уровень или даже выше.

Искать там другое решение своей обратной задачи, а затем опять пробовать вернуться на тот уровень, на котором процесс остановился, но с уже другим техническим заданием.

Таким образом, **блочно-иерархическая** структура, позволяя в принципе реализовать процесс проектирования, делает неизбежным его **итерационный** характер, заключающийся в возврате к повторению проектирования на предыдущих уровнях с измененными условиями.

Восходящее проектирование выполняется в обратном порядке.

При этом происходит как бы сборка отдельных узлов, а затем сборка всего прибора.

Восходящее проектирование обычно гарантирует реализуемость проекта на любом уровне, но отнюдь не гарантирует соблюдения всех требований технического задания.

Поэтому процесс может остановиться на каком-либо уровне из-за несоблюдения требований технического задания высшего уровня.

При этом необходим возврат на предыдущие низшие уровни с попыткой «собрать» структуру данного уровня из других элементов.

Таким образом и **восходящее проектирование** также неизбежно имеет **итерационный** характер.

При **смешанном проектировании** по части ветвей мы имеем **нисходящий** процесс, а по части - **восходящий**, которые в определенных точках встречаются.

Итерационный характер такого проектирования также очевиден.

Из рассмотренных процессов предпочтительным является все-таки **нисходящее** проектирование.

На практике, особенно для сложных приборов, процесс проектирования носит обычно **смешанный** характер с преобладанием **нисходящих** потоков.

Восходящее проектирование применяется к тем частям приборов, которые собираются из стандартных, хорошо отработанных деталей, элементов и узлов.

Из рассмотренного становится ясен также **эвристический** характер проектирования, т.е. невозможность его полной алгоритмизации, автоматизации, поскольку ввиду сложности процесса и невозможности заранее определить полностью его ход необходимо принимать решения на основании опыта, интуиции, с привлечением творческих способностей разработчика, т.е. на базе так называемого алгоритма принятия решения.

Все этапы проектирования выполняются на основе **ТЗ**.

В случае, когда проектирование объекта проводится по сформулированному на более высоком иерархическом уровне **ТЗ**, оно носит название **внутреннего**.

Внешнее проектирование предполагает разработку **ТЗ** на систему высшего иерархического уровня.

При **внешнем** проектировании необходим правильный учет:

- современного состояния техники;
- возможностей технологии;
- перспектив развития техники и технологий;
- экономических факторов.

Остановимся кратко на **Системах автоматизированного проектирования (САПР) (ГОСТ 23501.101-87)**.

САПР это **автоматизированная система**, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования.

Она представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для **автоматизации** процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

Английский аналог **САПР - CAD** (Computer Aided Design - проектирование с помощью компьютера).

Причем **САПР** - это не система **автоматического** проектирования. Понятие «автоматический» подразумевает самостоятельную работу системы без участия человека.

В **САПР** часть функций выполняет человек, а автоматическими являются только отдельные проектные операции и процедуры.

Слово **«автоматизированный»**, по сравнению со словом **«автоматический»**, подчёркивает участие человека в процессе.

Определение **САПР** можно дать с акцентом на основные составные части комплекса средств автоматизации проектирования: **«САПР - это система, предназначенная для совершенствования процесса проектирования, которая образуется в результате взаимодействия технического, алгоритмического, программного и информационного компонентов»**.

Из определений следует, что автоматизированное проектирование предполагает тесное взаимодействие человека-проектировщика с комплексом средств автоматизации проектирования, и это взаимодействие должно быть эффективно организовано путем рационального распределения функций между человеком и машиной.

Научно обоснованное распределение функций между человеком и ЭВМ подразумевает, что человек должен решать задачи творческого характера (формировать и выбирать наилучшие проектные решения и т.п.), а ЭВМ - обеспечивать возможность алгоритмизации и быстрого, качественного выполнения алгоритмов формирования множества проектных решений (с большей эффективностью по сравнению с ручными методами).

Проектировщик в процессе диалога с **САПР** осуществляет творческое конструирование, формирует и выбирает наилучшие проектные решения.

Именно при такой организации процесса проектирования используется вся мощь интеллекта человека, с одной стороны, и возможность быстрого, качественного формирования множества проектных решений с помощью **САПР** - с другой.

Системы автоматизированного проектирования все более широко используются в оптико-электронном приборостроении.

Применение **САПР** позволяет сократить сроки и снизить стоимость разработки **ОЭП** за счет того, что при использовании этой системы можно:

- **проанализировать** большое число различных схемных и конструктивных решений за короткий интервал времени, что не может сделать ни один проектировщик обычными методами;

- **ИСПОЛЬЗОВАТЬ** более точные математические методы для расчета и проектирования ОЭП;
- **СОЗДАВАТЬ КОНСТРУКЦИИ**, оптимально отвечающие предъявляемым к ним техническим требованиям;
- **ПОВЫШАТЬ КАЧЕСТВО** конструкторской и технологической документации создаваемых ОЭП.

Одна из таких систем вам уже знакома с 1-го курса - **Autodesk Inventor**. На примере достаточно простых изделий вас учили разрабатывать модели и чертежи. (РК-1, каф. «Инженерная графика»)

Продолжение работы с **Autodesk Inventor** вас ожидает на практике после 4-го семестра, а также (по желанию, любая другая система) - в процессе выполнения КП по КОЭП в 5-м семестре.

На своей кафедре вы познакомитесь с программой Zemax, которая используется для проектирования и расчета оптических систем.

На различных уровнях проектирования, чаще всего на информационно-логическом и системотехническом уровнях, могут быть использованы методы, направляющие творческую мысль разработчика на создание новых, нешаблонных, нетиповых решений.

Конструирование – искусство.

Все гениальные конструкции – озарение.

Все методы заключаются в том, чтобы заставить думать (мыслить) вслух.

Эвристические методы основаны на подсознательном мышлении, не допускают алгоритмизации и характеризуются неосознанным (интуитивным) способом действий для достижения осознанных целей.

Эвристические методы ещё называют **методами инженерного (изобретательного) творчества.**

Методы и правила поиска идей решения инженерных задач позволяют повысить эффективность как индивидуальной творческой работы конструктора, так и творческой деятельности коллектива разработчиков.

Для современного инженера знание этих методов становится столь же необходимым, как и умение писать и читать.

Эвристические методы постоянно совершенствуются и развиваются: от общих рекомендаций - к последовательности действий, далее - к алгоритмизованным методам и, наконец, к созданию искусственного интеллекта.

Кратко, для примера, остановимся на нескольких наиболее характерных методах (всего их более 30).

Метод итераций (последовательного приближения)

Процесс проектирования ведется в условиях информационного дефицита, который проявляется в следующем:

- невозможность заранее точно указать условия работы проектируемого объекта, не зная его конкретного вида и устройства;
- выявление в процессе проектирования противоречивых исходных данных, то есть невозможность достижения технического решения при первоначально предложенных данных, оказавшихся взаимоисключающими;

- появление в процессе проектирования необходимости учёта дополнительных условий и ограничений, которые ранее считались несущественными;
- перераспределение по степени важности показателей качества, так как может выясниться, что показатель, ранее считавшийся второстепенным, очень важен (и наоборот).

Такая неопределенность устраняется посредством выполнения **итерационных процедур**:

- первоначально задача решается при предположительных значениях исходных данных и ограниченном числе учитываемых факторов (первый цикл итераций, так называемое **«первое приближение»**);
- далее возвращаемся в начало задачи и повторяем её решение, но уже с уточненными значениями исходных данных и перечнем факторов, найденными на предыдущем этапе (второй цикл итераций, **«второе приближение»**).
- и т. д.

Число циклов итераций зависит:

- от степени неопределенности начальной постановки задачи;
- её сложности;
- опыта и квалификации проектировщика;
- требуемой точности решения.

В процессе приближений возможно не только уточнение, но и отказ от первоначальных предположений.

Итерационный подход широко применяется в конструировании.

Например, при разработке эскиза узла, сначала детали и их расположение показывают предположительно, а затем анализируют получившееся изображение и вносят в него необходимые изменения (согласовываются формы и расположение поверхностей деталей, проверяется нормальное функционирование, увязывается с требованиями стандартов).

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)

На основе анализа собственного опыта и многочисленных патентов Г. С. Альтшуллер в 1956 г. предложил метод под названием **«алгоритм решения изобретательских задач» (АРИЗ, в котором слово «алгоритм» означало «четкая программа действий»)**.

Позднее на его основе был создан более совершенный метод - **Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)**.

ТРИЗ является набором алгоритмов и методов для совершенствования творческого процесса ученых.

Этот метод предназначен для выявления истинных причин (противоречий), мешающих совершенствованию технической системы, и выбора эффективного средства для их преодоления.

ТРИЗ предлагает систему типовых приемов для устранения противоречий: в процессе решения задачи последовательно просматривают все приемы, пытаясь реализовать предлагаемый совет либо на его основе развить решение.

Мозговая атака (или мозговой шторм) - метод, основанный на стимулировании группы разработчиков к быстрому генерированию большого количества идей и информации в области проектируемого объекта.

В обычной ситуации стереотипы принятия решений, боязнь неудачи, страх показаться смешным тормозят возникновение всякого рода новаторских идей. При обсуждении в группе снимаются «тормозящие факторы».

Каждый член группы высказывается на заданную тему и выдвигает идеи какими бы «дикими» они ни казались, не подвергая их аналитическому разбору, побуждая друг друга к поиску разного рода ассоциаций, вариантов усовершенствования.

Затем все высказанные идеи анализируются и из них выбирают содержащие наиболее удачные решения.

Быстрота - важнейший фактор «мозговой атаки», позволяющий в короткие сроки накопить массив предложений, достаточный для рассмотрения в качестве основы для дальнейшего серьезного поиска.

Мозговой штурм включает три обязательных этапа:

1. Постановка задачи.
2. Генерация идей. При этом:
 - критика идей запрещена;
 - любые идеи приветствуются;
 - количество идей не ограничено).
3. Отбор, обсуждение и оценка идей.

Методом **мозговой атаки** можно рассматривать любую проблему, если она просто и ясно сформулирована.

Метод **мозговой атаки** является наиболее доступным и распространенным на всех этапах проектирования.

Метод наиболее эффективен при решении организационных проблем, а также технических задач невысокого уровня сложности.

Практика использования метода **мозгового штурма** для решения разнообразных проектных задач показывает, что в процессе его проведения стимулируются возможности подсознания людей, возникает «цепная реакция идей», приводящая к «интеллектуальному взрыву» и появлению новых решений.

Вопросы к экзаменам

1. Проектирование и конструирование ОЭП. Уровни проектирования.
2. Проектирование ОЭП с использованием системного подхода. Основные принципы.
3. Проектирование ОЭП с использованием блочно – иерархического подхода.