

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева»

# **Классификация задач конструкторского проектирования**

Доцент кафедры ПМ и САПР  
Можегова Ю.Н.

# Задачи геометрического проектирования

Геометрическое проектирование включает в себя задачи геометрического моделирования, геометрического синтеза и оформления конструкторской и технологической документации.

*Геометрическое моделирование* включает решение позиционных и метрических задач на основе преобразования геометрических моделей. Элементарными геометрическими объектами в ММ являются точка, прямая, окружность, плоскость, кривая второго порядка, цилиндр, шар, пространственная кривая и т. д.

К типовым позиционным задачам относят: определение инцидентности точки плоской области, ограниченной замкнутыми контурами; определение координат точки пересечения прямой с криволинейным контуром или поверхностью; установление пересечения контуров и вычисление координат их точек пересечения; определение взаимного расположения плоских или пространственных областей.

# Задачи геометрического проектирования

К метрическим задачам относят, например, вычисление длины, площади, периметра, центра масс, моментов инерции.

*Геометрический синтез* включает решение задач двух групп. Первая группа задач — задачи формирования (компоновки) сложных геометрических объектов (ГО) из элементарных ГО заданной структуры, возникающих, например, при оформлении детализовочного чертежа. Основным критерием геометрического синтеза сложных ГО является точность их воспроизведения.

В задачи оформления конструкторской документации входит изготовление текстовых и графических документов.

Текстовые документы кроме описательной части содержат: характеристики и паспортные данные узлов и агрегатов; технические условия на изготовление, сборку, наладку и эксплуатацию; спецификации и т. д.

К графическим документам относятся чертежи сборочные и детализовочные, графики структурных сеток кинематических цепей, циклограммы

# Задачи топологического проектирования

Основными задачами (процедурами) топологического проектирования являются задачи компоновки, размещения и трассировки.

Решение задач компоновки конструктивных элементов высшего иерархического уровня из элементов низшего иерархического уровня в большинстве случаев наиболее трудоемкая часть конструкторского проектирования, и иногда под компоновкой понимают собственно процесс конструирования. Задача компоновки машиностроительных узлов обычно состоит из двух частей: эскизной и рабочей. При решении эскизной части задачи компоновки по функциональной схеме разрабатывают общую конструкцию узла. На основе эскизной компоновки составляют рабочую компоновку с более детальной проработкой конструкции узла. Например, процесс компоновки зубчатого редуктора выполняется по его кинематической схеме.

# Задачи топологического проектирования

Задачи топологического проектирования в наибольшей степени формализованы при конструировании электронной аппаратуры. Поэтому рассмотрим их применительно к электронным устройствам. Среди задач компоновки электронных устройств можно выделить:

- 1) задачи покрытия;
- 2) задачи разбиения.

Задача покрытия заключается в преобразовании функциональной схемы соединений логических элементов узла в схему соединений типовых конструктивных элементов (модулей).

В результате решения задачи разбиения осуществляется разделение на конструктивно обособленные части (узлы) схемы соединений конструктивных элементов на некотором иерархическом уровне. Основными критериями при решении задачи разбиения являются: длина внешних связей, характеризуемая либо числом межузловых соединений, либо числом внешних выводов всех узлов

# Задачи топологического проектирования

Задача трассировки электронных устройств заключается в определении геометрии соединений конструктивных элементов. Выделяют трассировку проводных, печатных и пленочных соединений. Критериями оптимальности решения задачи трассировки могут быть: минимальная суммарная длина соединений; минимальное число слоев монтажа; минимальное число переходов из слоя в слой; минимальные наводки в цепях связи элементов и т. д.

С решением задач размещения и трассировки приходится сталкиваться не только при проектировании радиоэлектронных устройств, но и при проектировании объектов других отраслей техники и народного хозяйства (например, при размещении технологического оборудования в цехе, элементов гидросистемы с гайка, трассировке транспортных потоков цеха, прокладке нефте- и газопроводов с учетом рельефа местности, прокладке автомобильных и железных дорог и т. д.).

Большинство задач конструирования — это задачи структурного синтеза, их решение основано на использовании структурных ММ

# Математические модели задач топологического проектирования

## Метод проб и ошибок. Использование эвристических приемов

Основным традиционным методом, которым пользуется конструктор в процессе получения технических решений, является метод проб и ошибок. Суть этого метода заключается в том, что на первом этапе формулируется исходное предложение (гипотеза) по разрабатываемой конструкции в виде ее схемы или эскиза. Конструктор лишь интуитивно предполагает, что данный вариант окажется работоспособным. На втором этапе проверяется (например, с помощью моделирования или экспериментальных исследований) качество предложенного варианта. Обычно после первой пробы не удается получить требуемое проектное решение, тогда формируется второе предложение, которое учитывает ошибки, допущенные в первом предложении, и снова выполняется проверка работоспособности конструкции и т. д.

# Математические модели задач топологического проектирования

## Метод проб и ошибок. Использование эвристических приемов

Метод проб и ошибок часто используется следующим образом: задаются каким-либо значением неизвестного конструктивного параметра, а затем в результате вычисления других конструктивных параметров оценивают приемлемость принятого значения первого параметра. Эту процедуру повторяют до тех пор, пока не будет найдена совокупность значений конструктивных параметров, соответствующих ограничениям на параметры и качественным показателям конструкции.

Основой для формирования проектных гипотез обычно служит базовая модель, т. е. действующий образец конструкции машины или отдельного узла. При разработке нового конструктивного образца, отвечающего требованиям технического задания (ТЗ), используются данные по результатам эксплуатации и испытаний базовой модели. Степень переработки узлов определяется отличием технических требований (ТТ) к параметрам машины или устройства от параметров действующего образца, изменением условий эксплуатации, введением новых конструктивных и технологических решений. Переработке подвергаются узлы или детали, которые сдерживают повышение качества проектируемой машины или устройства до требуемого уровня.

# Математические модели задач топологического проектирования

## Метод проб и ошибок. Использование эвристических приемов

Повышение эффективности поиска новых конструктивных решений методом проб и ошибок обеспечивается применением эвристических приемов изобретательской деятельности, таких, как, например, инверсия, аналогия, метод «мозгового штурма» и т. д.

**Инверсия** предполагает изменение на обратные каких-либо функций, форм, способов расположения деталей конструкции.

В результате инвертирования конструкция по сравнению с исходной может приобрести новые эксплуатационные и технологические свойства.

**Аналогия** опирается на подобие конструкций в природе и технике. Широко применяется аналогия в роботостроении при разработке механических устройств робота и его «органон чувств». Наименее трудоемким является заимствование конструктивных аналогов из других областей техники.

# Математические модели задач топологического проектирования

## Метод проб и ошибок. Использование эвристических приемов

**Метод «мозгового штурма»** — метод коллективного генерирования технических решений. Создается группа специалистов — «генератор идей», — включающая в себя специалистов смежных, а иногда даже далеких областей науки и техники. Это объясняется тем, что для специалистов отдельной области науки и техники существует «кризис идей», связанный с определенным «избытком информации» и ограничивающий направления совершенствования конструкции, а специалисты из других областей науки и техники могут привнести свежие идеи из своей области. Необходимым условием успеха при использовании этого метода является отсутствие критики высказываемых идей во избежание сковывания творческой инициативы членов группы. Сформированное достаточно большое число решений анализируется специалистами, и наиболее плодотворные технические решения развиваются далее.

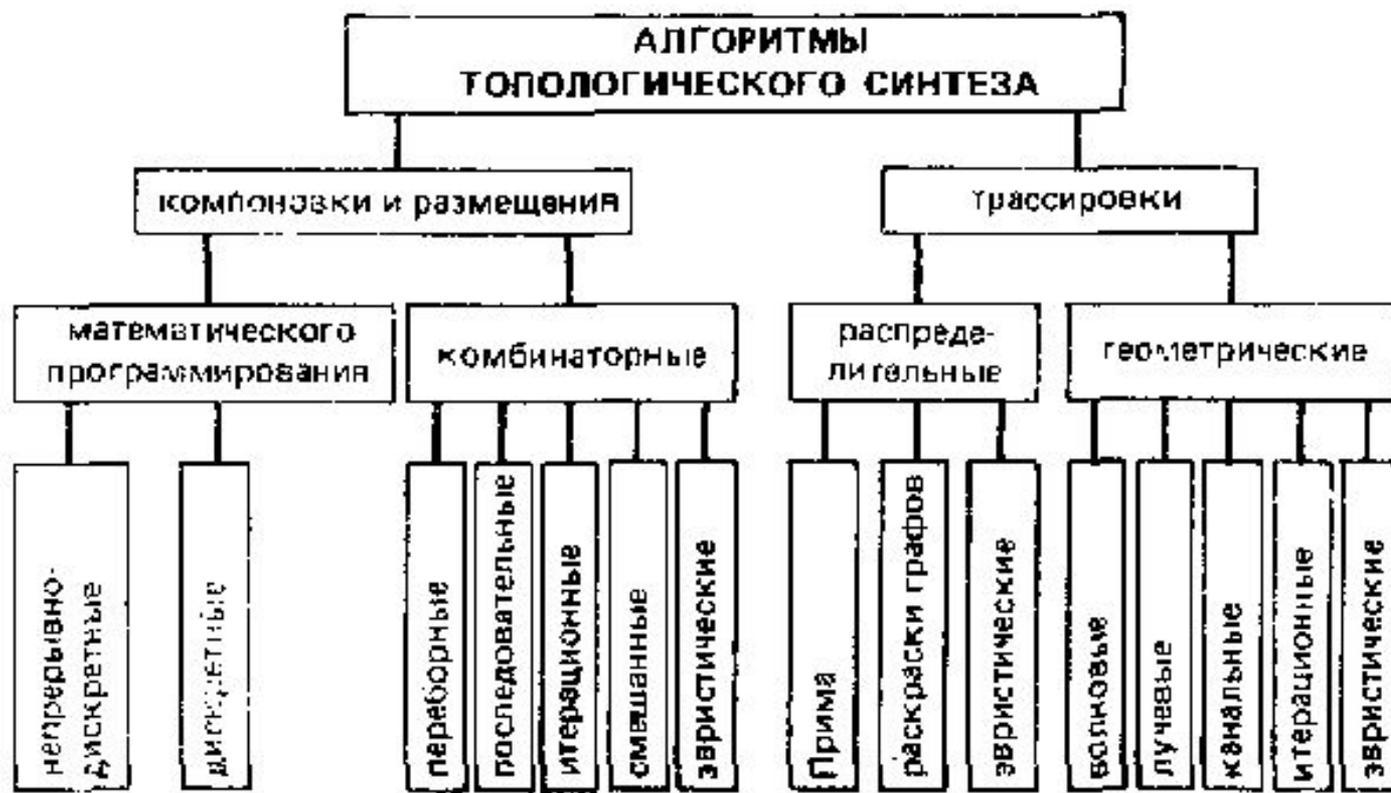
# Алгоритмы топологического синтеза

Алгоритмы топологического синтеза можно разбить на две группы:

- 1) алгоритмы компоновки и размещения;
- 2) алгоритмы трассировки.

**Алгоритмы компоновки и размещения** включают в себя алгоритмы, реализующие методы математического программирования и комбинаторные алгоритмы. Для решения задач компоновки и размещения используются следующие методы дискретного математического программирования: ветвей и границ, Гилмора, дискретное динамическое программирование, случайного поиска и т. д. Применяются и алгоритмы на базе непрерывно-дискретных методов оптимизации.

# Алгоритмы топологического синтеза



# Алгоритмы топологического синтеза

Алгоритмы компоновки и размещения, разработанные на базе методов математического программирования, применяются для решения задач небольшой размерности, в противном случае их реализация требует больших затрат машинного времени.

В наибольшей степени структуре задач размещения и компоновки соответствуют *комбинаторные алгоритмы*: переборные, последовательные, итерационные, смешанные и эвристические.

**Переборные алгоритмы** реализуют такую последовательность процедур: генерирование очередного варианта— оценка качества варианта — принятие решения.

# Алгоритмы топологического синтеза

- В случае использования **последовательных алгоритмов** на каждом этапе выполнения алгоритма в очередной узел добавляется один из элементов схемы. После образования первого узла алгоритм переходит к формированию второго узла и т. д. Главным достоинством последовательных алгоритмов является их малая трудоемкость и простота реализации. Кроме того, они позволяют легко учесть дополнительные ограничения. Основным недостатком последовательных алгоритмов - локальный пошаговый характер оптимизации, приводящий к достаточно эффективным решениям лишь для схем с относительно невысокой связностью.
- В **смешанных (параллельно-последовательных) алгоритмах** сначала выделяется начальное множество элементов, которые обладают существенными для данной задачи свойствами (число внешних соединений, внутренняя связность, функциональная завершенность). Далее эти элементы распределяют по узлам, что в ряде случаев позволяет получить более равномерные характеристики узлов. Данные алгоритмы являются более сложными, чем последовательные и итерационные, и поэтому применяются в задачах со специальными требованиями.

# Алгоритмы топологического синтеза

● **Итерационные алгоритмы** аналогичны градиентным алгоритмам параметрической оптимизации в том смысле, что на каждой итерации происходит движение в направлении экстремума целевой функции. Приращениям варьируемых переменных в данном случае соответствуют перестановки элементов (парные или групповые) между узлами. Итерационные алгоритмы обеспечивают получение решений, улучшающих характеристики базового варианта. Основной недостаток этих алгоритмов — большие затраты машинного времени по сравнению с затратами машинного времени в последовательных алгоритмах.

# Алгоритмы топологического синтеза

● **Волновой алгоритм** включает в себя два этапа.

**Этап 1.** Построение числовой волны от начальной точки трассы, которая находится в некоторой прямоугольной площадке. Как только числовая волна достигнет конечной точки трассы, процесс распространения числовой волны закапчивается. Каждой площадке присваивается весовое значение, определяющее расстояние от этой площадки до начальной точки трассы.

**Этап 2.** Непосредственное проведение соединительной трассы с учетом запретных зон на монтажном поле и ограничивающих условий. Перебор прямоугольных площадок начинается от конечной точки трассы так, что на каждом шаге выбирается прямоугольная площадка, имеющая наименьший вес.