

Основы разработки ПО

Проектирование ПО: задачи и методы

Кулаков Кирилл Александрович

Цели проектирования

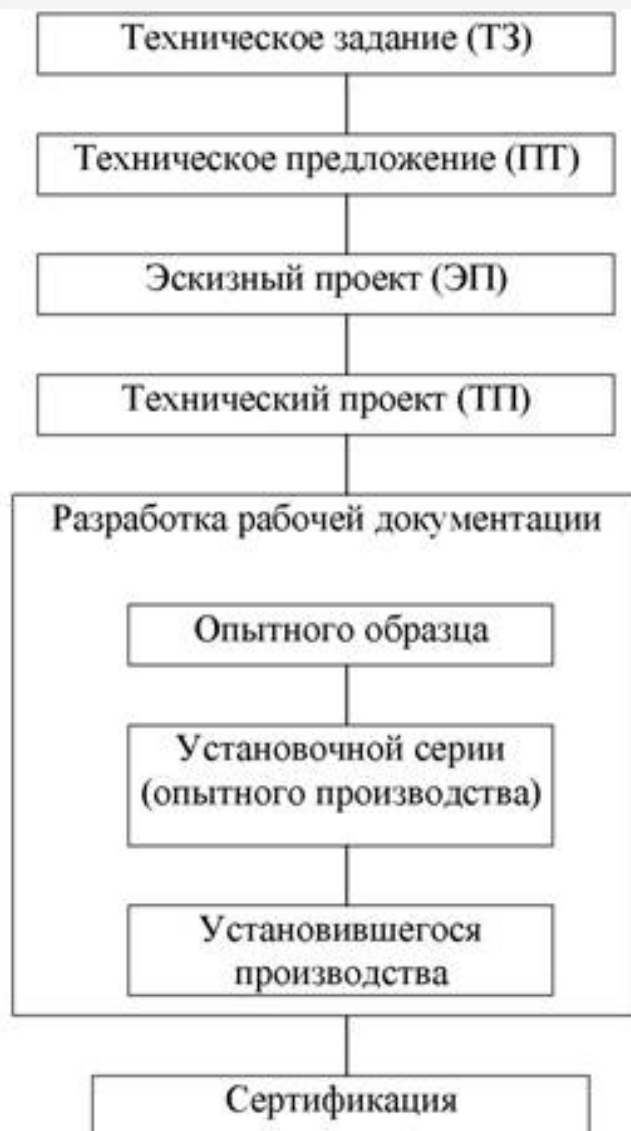
- Разработка ПО = решение множества задач
- Задачи бывают простыми — имеющими решение в виде инструкций, алгоритмов
- Как правило задачи сложные:
 - Заранее не известны все ее условия
 - Четко не определены цели
 - Наличие множества вариантов решения
- Использование технологии решения задач из смежных инженерных специальностей
- **Проектирование** (лат. projectus, что буквально означает брошенный вперед)
 - Подготовительные работы
 - Поиск оригинальных идей и решений
 - Оформление и утверждение результатов
 - Оценка эффективности

Цели проектирования

- **Конструирование** — деятельность по созданию материального образа разрабатываемого объекта, ему свойственна работа с физическими моделями и их графическими изображениями.
- **Системное проектирование** — решение поставленных задач в комплексе с учетом внешних и внутренних воздействий
- Участники проектирования
 - Потребители (заказчики работ)
 - Поставщики (исполнители работ)
 - Государство (лицензирование, нормативка, контроль)



Стадии проектирования



Стадии проектирования

- **Техническое задание (ТЗ)** устанавливает основное назначение, технические и тактикотехнические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования к разрабатываемому объекту, предписание по выполнению необходимых стадий создания документации и ее состав, а также специальные требования к изделию.
- **Техническое предложение (ПТ)** — совокупность документов, содержащих техническое и технико-экономическое обоснование (ТЭО) целесообразности разработки проекта.
- **Эскизный проект (ЭП)** — совокупность документов, содержащих принципиальные решения и дающих общее представление об устройстве и принципе работы разрабатываемого объекта, а также данные, определяющие его назначение, основные параметры и габаритные размеры.
- **Технический проект (ТП)** — совокупность документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве проектируемого объекта, исходные данные для разработки рабочей документации.

Процесс проектирования

- Сбор технических требований (ТТ)
- Формирование технического задания (ТЗ) — внешнее проектирование
- Внутреннее проектирование:
 - Синтез принципа (поиск основы)
 - Структурный синтез (генерация представлений)
 - Параметрический синтез (уточнение, детализация, определение параметров)



Процесс проектирования

- **Нисходящее проектирование** — ведение разработки от общих черт проектируемого объекта к детальным частям
 - Традиционный процесс
 - возможно появление требований, впоследствии оказывающихся нереализуемыми по технологическим, экологическим или иным соображениям
- **Восходящее проектирование** — разработка от частного к общему
 - Причина — наличие готовых частей объекта
 - возможно получение объекта, не соответствующего заданным требованиям

Законы (закономерности) проектирования

- Проектирование — творческий процесс (!)
 - Наличие субъективных факторов
 - Стремление формализации процесса
- **Закон «энергетической проводимости» системы.** Необходимым условием принципиальной жизнеспособности системы является сквозной проход энергии (и информации) по всем ее частям.
 - Следствие из закона. Чтобы часть системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органами управления.
- **Закон увеличения степени идеальности системы.** Развитие систем идет в направлении увеличения степени идеальности.
- **Закон соответствия функции и структуры.** Жизнеспособными оказываются те конструктивные решения, у которых форма объекта подчинена его внутреннему содержанию, содействует реализации предъявляемых к нему требований.

Законы (закономерности) проектирования

- **Закон стадийного развития.** Развитие технических систем идет в последовательности:
 - выполнение системой **технологических (потребительских) функций**,
 - дополнительное выполнение системой **энергетической функции** (передача и изменение вида)
 - дополнительное выполнение системой **функций управления**, т.е. изменение режимов работы, саморегулирование в пределах, заданных программой
 - дополнительное выполнение системой **функций планирования**, т.е. саморегулирование в непредвиденных условиях, анализ ситуации и способность выбора режима работы.

Законы (закономерности) проектирования

- «Общечеловеческие законы»
 - Закон непрерывного возрастания потребностей людей и неугасимого любопытства (стремление к идеальному)
 - Закон действует в условиях, когда физические и иные возможности человека (но не интеллектуальные) ограничены, и чем сложнее обстоятельства, тем эффективнее результат
 - Закон лениности (минимизации усилий)

Методы проектирования

- Принципы проектирования
 - Практическая полезность
 - Единство составных частей
 - Изменяемость во времени
- **Метод** — это прием или способ действия с целью достижения желаемого результата.
- Эвристические методы
 - Получение результата с использованием эвристик
- Экспериментальные методы
 - Получение результата в ходе эксперимента
- Формализованные методы
 - Использование формальных методов

Эвристические методы

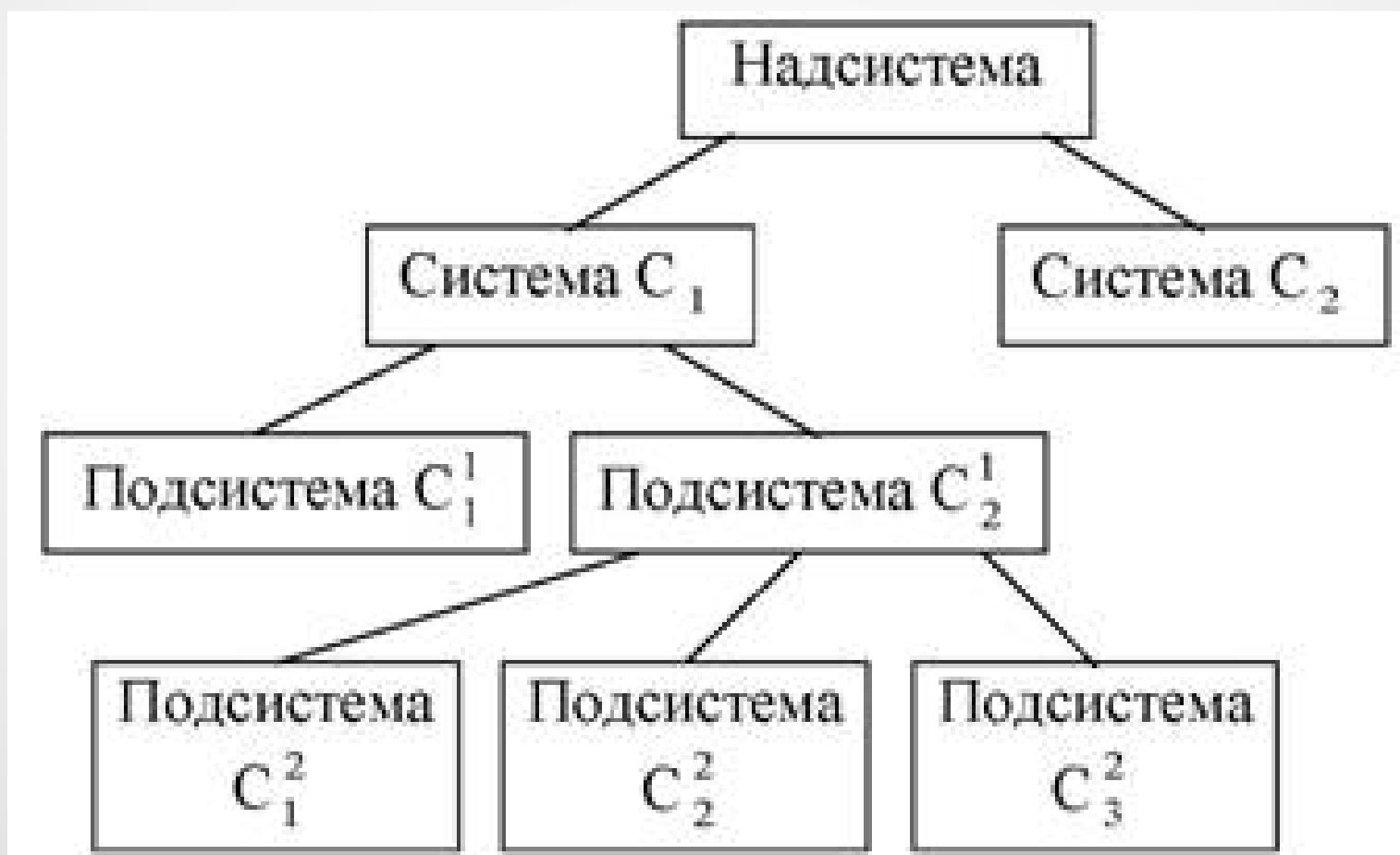
- **Метод итераций (последовательного приближения)**
 - Проектирование в условиях информационного дефицита или противоречий
 - Построение первоначального решения задачи (нулевое приближение)
 - Уточнение исходных данных/анализ полученного решения
 - Повторное построение решения задачи
- Плюсы:
 - Постепенная проработка
- Минусы:
 - Дорогостоящие итерации

Эвристические методы

- **Метод декомпозиции**
 - Проектирование сложных и непонятных систем
 - Выделение процессов, явлений, понятий → разложение сложной задачи на комбинацию простых но взаимосвязанных задач
 - Разделение только по одному признаку
 - Выделяемые подсистемы должны описывать всю систему и быть взаимоисключающими
 - Глубина декомпозиции зависит от требуемого восприятия
- Плюсы:
 - Возможность разделения работ
- Минусы:
 - Дорогостоящие интерфейсы подсистем

Эвристические методы

- **Метод декомпозиции**



Эвристические методы

- **Метод декомпозиции**



Эвристические методы

- **Метод контрольных вопросов**
 - Построение/подбор определенным образом составленных наводящих вопросов
 - Вдумчивый и полный ответ на вопросы с использованием графических материалов
 - Примеры:
 - Почему именно так а не иначе?
 - Зачем это нужно?
 - Что произойдет если этого не будет?
- **Плюсы:**
 - Способ развития мышления и поиска альтернатив
- **Минусы:**
 - Затраты ресурсов и отсутствие контроля результата

Эвристические методы

- **Метод мозговой атаки (штурма)**
 - Коллективное обсуждение проблемы
 - Выработка множества вариантов решения
 - Запрещена любая критика идей
 - «Главное — высказать идею», аргументация потом
 - «Количество — предпочтительнее качества»
- **Плюсы:**
 - Относительно дешевый способ
- **Минусы:**
 - Отсутствие глубокой проработки

Эвристические методы

- **Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)**
 - Переход от рассматриваемого объекта к объекту с идеальными характеристиками (идеальный конечный результат, ИКР)
 - Замена одного типа противоречия на другое, для которого решение уже известно или легче достижимо.
 - Применение вепольных преобразований для устранения противоречий (Веполь (ВЕщество-ПОле) — система из трех элементов В1, В2, П)
 - Применение системы операторов: ИКР, РВС (размер, время, стоимость), ММЧ (метод маленьких человечков).
- Плюсы:
 - Множество известных типовых приемов
- Минусы:
 - Требуется обучение

Эвристические методы

- **Метод морфологического анализа**
 - Выявление признаков и систематизированное получение их сочетаний (комбинаций)
 - Выясняется цель задачи, например, поиск вариантов функциональных схем разрабатываемого объекта
 - Выделяются узловые точки (оси, отдельные части задачи) разрабатываемого объекта
 - Для каждой узловой точки предлагаются варианты решения
 - Выполняется полный перебор комбинаций вариантов решений
- **Плюсы:**
 - Перебор всевозможных комбинаций
- **Минусы:**
 - Слишком большое число комбинаций

Эвристические методы

- **Метод морфологического анализа**

Узлы (оси)	Варианты (классы)
1. Получение энергии (тип двигателя)	1.1.Механический 1.2.Электрический 1.3. Тепловой
2. Обеспечение перемещения (тип движителя)	2.1.Колеса 2.2.Гусеницы 2.3.Воздушный винт 2.4.Шнек
3. Способ управления движением	3.1.Руль 3.2. Движителем 3.3.Направляющие
4. Расположение источника энергии	4.1.Внутри (автономный) 4.2.Внешний

Эвристические методы

- **Функционально-стоимостной анализ**
 - Основное назначение функционально-стоимостного анализа (ФСА) — добиться максимального снижения стоимости изделия за счет совершенствования его конструкции и технологии изготовления.
 - Минимизация суммы произведений значимости функции (свойства) объекта на стоимость выполнения (реализации) функции
 - ФСА широко применяется для «вылизывания конструкций»
- Плюсы:
 - Выявление рациональных решений
- Минусы:
 - Метод работает при наличии отправной точки

Эвристические методы

- **Методы конструирования**

- **Конструктивная преемственность** — это постепенное совершенствование конструкции путем введения в нее отдельных новых или дополнительных деталей, узлов, агрегатов
- **Метод базового агрегата** — выпуск разнообразных изделий, объединенных наличием у них общей, базовой части (агрегата).
- **Метод агрегатирования** — создание изделия путем сочленения унифицированных агрегатов, устанавливаемых в различном сочетании на общем основании.
- **Метод модификации** — переделка изделия с целью его приспособления к новым требованиям, условиям работы, технологическому процессу (способу изготовления и сборки) без изменения в нем наиболее дорогих и ответственных частей.
- **Метод стандартизации** — создание конструкции и ее последующее совершенствование на основе применения стандартных деталей и узлов, элементов со стандартными параметрами.
- **Метод инверсии** — создание новой конструкции на основе изменения функций, форм или положения частей существующего изделия.

Экспериментальные методы

- Цели экспериментов:
 - Определение закономерностей и характеристик, присущих объекту
 - Сбор данных для подтверждения гипотез или принятых ранее решений
- Исследуемые характеристики
 - Экспериментально оцениваются
 - Контролируются (проверка соответствия)
- Испытания проводятся на
 - Отдельном объекте
 - Серия объектов (сплошной или выборочный контроль)

Экспериментальные методы

- Виды испытаний (по цели)
 - Определительные
 - Контрольные
 - Сравнительные
 - Исследовательские
- Виды испытаний (по условиям)
 - Лабораторные
 - Стендовые
 - Полигонные
 - Натурные (один экземпляр)
 - Эксплуатационные (серийное использование)

Экспериментальные методы

- Планирование эксперимента
 - Установление цели эксперимента
 - Уточнение условий проведения эксперимента
 - Выявление и выбор входных и выходных параметров на основе сбора и анализа предварительной (априорной) информации.
 - Установление потребной точности результатов измерений (выходных параметров), области возможного изменения входных параметров, уточнение видов воздействий.
 - Составление плана и проведение эксперимента
 - Статистическая обработка результатов эксперимента
 - Объяснение полученных результатов и формулирование рекомендаций по их использованию, уточнению методики проведения эксперимента.

Экспериментальные методы

- **Машинный эксперимент**
 - Использование математических моделей дает возможность заменить реальный эксперимент работой с компьютерными моделями.
 - «Исследование черного ящика»
 - получаемые в процессе машинного эксперимента результаты могут иметь случайный разброс, требуется перепроверка
 - Характеристики результата зависят от характеристики исходных данных, например, погрешность результатов расчетов зависит от точности исходных данных

Экспериментальные методы

- **Мысленный эксперимент**

- Это одна из разновидностей экспериментальных исследований, но проводимых мысленно.
- Задача мысленного эксперимента — быстрое получение качественного или оценочного результата.
- Достоверность получаемых таким образом суждений, прежде всего, зависит от практического опыта исследователя, его фантазии и аналитических способностей мышления.

Формализованные методы

- позволяют построить прогноз поведения изделия или процесса во времени и в пространстве;
- позволяют сравнительно быстро и дешево найти (рассчитать) несколько вариантов решений, что служит основой для выбора лучшего и, следовательно, конкурентоспособного изделия;
- позволяют определять параметры на ранних этапах проектных работ, когда вид создаваемых объектов или их макетов еще точно не известен;
- позволяют поставить «чистый» эксперимент, т.е. исследовать свойства и характеристики в зависимости от заданных параметров при отсутствии влияния (постоянстве) других параметров;
- обеспечивают психологический комфорт и снимают неопределенность и неуверенность в процессе решения задачи благодаря опыту и знаниям специалистов, создавших эти расчетные зависимости;
- позволяют автоматизировать деятельность.

Формализованные методы

- Оценка точности метода
 - известна точность, с которой должны быть получены результаты. Тогда точность исходных данных и используемых методов должна соответствовать данной точности и обеспечить ее получение;
 - известна точность исходных данных и используемого метода. Тогда точность результатов зависит от их точности и, как правило, не превысит наименьшей из их значений.
 - исходным данным всегда присуща погрешность. Перед проведением исследований или расчетов необходимо оценить максимальную погрешность данных, допустим, составляющую $n\%$. Результаты расчетов и экспериментальных исследований, лежащие в пределах $\pm n\%$ считаются тождественными.

Формализованные методы

- Недостатки:
 - присутствие в расчетах ошибок как субъективных, допускаемых человеком, так и являющихся результатом некачественной работы или сбоя в работе используемого устройства (компьютеров, измерительно-управляющих систем и т.п.);
 - правильность выбора модели и метода, их адекватность и точность (субъективный фактор);
 - полнота и достоверность исходной информации, корректность (точность) формулировок решаемой задачи.

Формализованные методы

- **Методы поиска вариантов решений**
 - Чем больше вариантов, тем лучше окончательное решение
 - Конкретные варианты находят для различных допустимых сочетаний параметров (аналитически или численно)
 - Универсальным является метод полного перебора
 - Методы частичного (выборочного) перебора:
 - Детерминированные методы
 - Методы случайного поиска
 - Методы сокращения области поиска посредством анализа дополнительной информации (градиентные методы и т.д.)

Формализованные методы

- **Методы автоматизации процедур проектирования**
 - автоматизированная система планирования (АСП)
 - автоматизированная система научных исследований (АСНИ)
 - система автоматизированного проектирования (САПР)
 - автоматизированный экспериментальный комплекс (АЭК)
 - гибкое автоматизированное производство (ГАП)
 - автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП)
 - автоматизированная система управления эксплуатацией (АСУ)
 - Достоверность полученных результатов?
 - представлять порядок получаемого результата или возможный вид решения

Формализованные методы

- **Методы оптимального проектирования**
 - Решение задачи выбора единственного варианта из множества полученных
 - Критерии решения:
 - Обоснованность
 - Своевременность
 - Директивность (обязательность к исполнению)
 - Правомочность
 - Непротиворечивость
 - Лицо, принимающее решение (ЛИР):
 - имеет право выбирать окончательное решение
 - несет за него ответственность
 - заинтересован в решении проблемы

Формализованные методы

- **Методы оптимального проектирования**
 - Способы выбора решения:
 - случайным образом (способом необъяснимым и независимым от условий задачи),
 - волевым образом (выбор не обосновывается и индивидуален, определяется чертами характера ЛИР),
 - критериальным образом (выбор имеет обоснование, доступное пониманию другими людьми).
 - **предпочтителен критериальный выбор**: необходимо аргументировано доказать верность и эффективность полученных результатов.
 - Варианты упрощения объекта проектирования:
 - Выбор оптимального принципа действия
 - Структурная оптимизация
 - Параметрическая оптимизация

Формализованные методы

- **Методы оптимального проектирования**
 - Разработка методов **выбора оптимального принципа действия** пока относится к задачам перспективных исследований
 - Методы решения задачи **структурной оптимизации**:
 - Графы
 - Сравнительный анализ структур
 - Обобщение путем объединения
 - Наиболее разработаны математические методы **параметрической оптимизации**, т.е. методы поиска оптимальных параметров объекта в рамках заданных его принципа действия и структуры.
 - Основа — правила (критерии) оптимальности
 - Мера предпочтения — показатели качества

Формализованные методы

- **Методы оптимального проектирования**
 - Показатели качества могут быть:
 - Количественными (формализованные)
 - Качественными (неформализованные)
 - Критерии и показатели выбираются (определяются) человеком → случайный выбор ведет к случайному результату
 - Чем больше критериев тем сложнее поиск решения
 - Сведение решения задачи оптимального проектирования объекта-системы к оптимизации его подсистем
 - наличие нелинейных связей между подсистемами не гарантирует оптимальности всей системы.

Формализованные методы

- **Методы оптимального проектирования**
 - Однокритериальные задачи
 - поиск экстремума алгебраической функции-зависимости критерия от параметров объекта
 - вариационное исчисление (решение — аналитическая функция)
 - Линейное программирование
 - Нелинейное программирование
 - Полный/частичный перебор

Формализованные методы

- **Методы оптимального проектирования**
 - Задачи многокритериальной оптимизации
 - Улучшение одних параметров достигается за счет ухудшения других
 - Выделение области компромиссов и отбрасывание заведомо неудовлетворительных решений
 - Оптимизация по Парето — усечение области выбора на основе малого числа критериев
 - Свертка векторного критерия, т.е. замена группы рассматриваемых критериев одним новым

Резюме

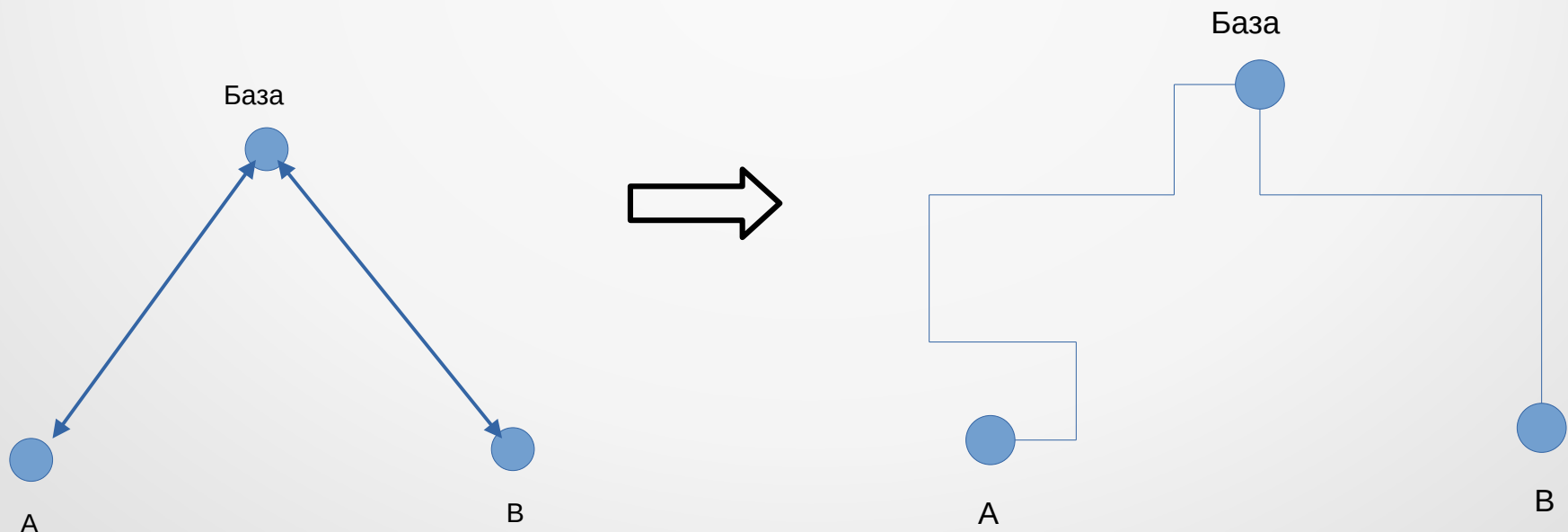
- Использование нескольких методов: последовательно или параллельно
- Глубина проектирования зависит от квалификации участников (чем выше квалификация тем меньше глубина)
- Использование средств автоматизации и формализации проектирования
- Анализ полученных результатов
- Субъективность проектирования

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- Тележка должна выехать с базовой станции, забрать груз из пункта А, отвезти в пункт В и вернуться на базовую станцию.
- На тележке установлены датчики приближения к стенам
- Тележка на выезде знает свое местоположение и карту местности

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Метод итераций (последовательного приближения):**



Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Метод декомпозиции:**
 - Перемещение груза = движение от базы до пункта А + движение от А до базы + движение от базы до пункта В + движение от В до базы
 - Движение = прямолинейное движение или поворот на заданный угол

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Метод контрольных вопросов:**
 - Почему мы выбрали этот маршрут до точки А?
 - Почему мы не используем движение по кривой?
 - Почему надо возвращаться от точки А на базу?

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Метод мозговой атаки (штурма):**
 - Тележка находит конечные пункты по запаху
 - Тележка видит все сверху
 - Тележкой управляет неведомая рука
 - Тележка едет по рельсам как трамвай

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
 - **Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ):**
 - Проблема: построить маршрут из базы в точку А
 - Анализ противоречия: непонятно куда ехать и где поворачивать
 - Физическое противоречие: между тележкой и точкой много препятствий
 - Решение: сократить число препятствий за счет перемещения тележки ближе к точке
- точка — сдвиг — точка — сдвиг — точка

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Метод морфологического анализа:**

Препятствие	Движение	Направление
Стена	Прямолинейное	Вперед
Угол внешний	По дуге	Назад
Угол внутренний	Поворот на месте	Вправо
Тупик	Остановка	Влево
Нет препятствий	Разворот	Произвольное

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Функционально-стоимостной анализ:**
 - Управление = построение 4 маршрута
 - Задача: сократить число маршрутов
 - Вариант 1: обратно едем по исходному маршруту
 - Вариант 2: между точками А и В не заезжаем на базу

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Методы конструирования:**
 - Управление роботом = построение маршрута + движение по маршруту
 - Компонента по построению маршрута
 - Компонента по движению по маршруту

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Машинный эксперимент:**
 - Реализация имитации движения робота
 - Анализ показаний с датчиков в разных точках
 - Анализ изменений показаний при разных движениях

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Мысленный эксперимент:**
 - При движении вдоль стены едем до конца
 - Если нет препятствия то едем прямо
 - Если препятствие впереди, то надо посмотреть направо или налево
 - Если впереди тупик то исключаем зону до ближайшего перекрестка, а на перекрестке убираем отворотку

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Методы поиска вариантов решений:**
 - Поиск маршрута — полный перебор вариантов движения от начальной точки до конечной
 - Можно исключить заранее неудобные маршруты
 - Динамическое программирование: построение маршрутов с конечной до начальной точки с постепенным увеличением расстояния и исключением дубликатов с бОльшим расстоянием

Пример

- Задача: реализовать ПО для управления роботом в виде тележки
- **Методы оптимального проектирования:**
 - Критерий: время движения, т. е. расстояние
 - Критерий: число управляемых воздействий на тележку