

## Лекция 3.

### Тема: Обзор современных методов проектирования

#### (Часть 2)

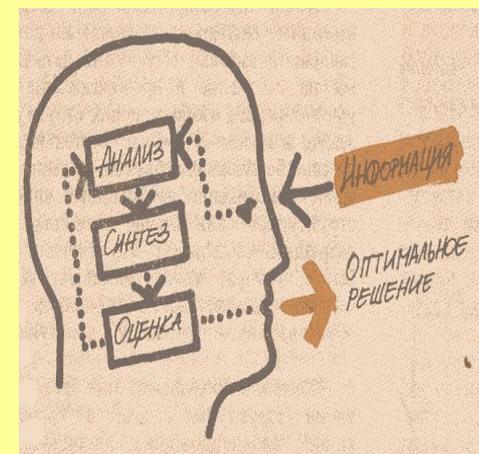
- 2.2. Проектировщик как «прозрачный ящик»
  - 2.2.1. Задачи проектирования, поддающиеся расчленению
  - 2.2.2. Нерасчленимые задачи проектирования
  - 2.2.3. Стратегии проектирования
  - 2.2.4. Цикличность
  - 2.2.5. Линейность
- 2.3. Проектировщик как самоорганизующаяся система
- 3. РАСЧЛЕНЕННЫЙ ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ
  - 3.1. Проектирование как трехступенчатый процесс
  - 3.2. Дивергенция
  - 3.3. Трансформация
  - 3.4. Конвергенция
- 4. Классификация стратегий и методов проектирования

## 2.2. Проектировщик как «прозрачный ящик»

2

В большинстве своем методы проектирования преследуют цель облечь в конкретную форму процесс и результаты мышления, поэтому они исходят из логических, а не каких-либо мистических предположений. Считается, что процесс проектирования может быть объяснен до конца, даже если проектировщики-практики и не в состоянии убедительно обосновать каждое из принимаемых ими решений..

Логическое, или систематическое, поведение проектировщика напоминает работу вычислительной машины: он пользуется только той информацией, которая в него введена, и действует по заданной схеме, проводя анализ, синтез, оценку и повторение циклов до тех пор, пока не найдет наилучшее из всех возможных решений. Такое предположение, несомненно, справедливо в случае оптимизации переменных в хорошо известной ситуации проектирования, но оно лежит также в основе таких системных методов проектирования, как **морфология** и **системотехника**, которые призваны дать человеку возможность решать непривычные для него задачи проектирования "машинными" приемами.



## 2.2. Проектировщик как «прозрачный ящик»

Методы, в которых проектировщик рассматривается как "прозрачный ящик", характеризуются следующими общими чертами:

- 1) цели, переменные и критерии задаются заранее;
- 2) поиску решения предшествует проведение (или хотя бы попытка проведения) анализа;
- 3) оценка результатов дается в основном в словесной форме и построена на логике (а не на эксперименте);
- 4) заранее фиксируется стратегия; обычно используются последовательные приемы, но иногда включаются и параллельные, условные и циклические операции.

При решении некоторых задач проектирования методы "прозрачного ящика" оказываются более эффективными, чем методы "черного ящика", но в неопределенных ситуациях проектировщикам приходится прибегать к привычному для них поведению «черного ящика».

## 2.2.1. Задачи проектирования, поддающиеся расчленению

При применении методов "прозрачного ящика" коренным вопросом является возможность расчленения, или декомпозиции, задачи на отдельные части, которые можно затем решать последовательно или параллельно. Когда задача поддается расчленению, решению каждой частной подзадачи можно уделить больше внимания, что позволяет резко сократить сроки проектирования. Конечно, крупные задачи проектирования всегда на том или ином этапе удастся расчленить, чтобы распределить работу между многими проектировщиками, но этап, на котором это членение становится возможным, очень сильно зависит от типа изделия.

При разработке химического оборудования, сетей электропередач, телефонных систем и подобных им объектов задача с самого начала поддается декомпозиции на ряд частных вопросов, решать которые можно параллельно. Это связано с тем, что такие объекты представляют собой поточные системы, т.е. сложные агрегаты, в которых каждая функция выполняется отдельным узлом, а каждый узел связан с другими узлами лишь заранее заданными входными и выходными воздействиями. Функции однозначно связаны с отдельными физически различимыми узлами. Все входные и выходные воздействия в системе можно задать с самого начала, а затем при разработке узлов считать, что если узел имеет требуемые входные и выходные характеристики, его можно включить в систему.

Многие задачи проектирования, как крупные, так и мелкие, вообще не поддаются или лишь с трудом поддаются расчленению (декомпозиции) без ущерба для рабочих характеристик, стоимости, массы, внешнего вида или других показателей, что требует компромиссных решений для сбалансирования различных деталей друг с другом.

Такие ситуации возникают при проектировании зданий, автомобилей, станков и других объектов, в которых функции не связаны со специализированными узлами, а сложным и непредсказуемым образом распределены по всему изделию.

Обычно в таких случаях на какого-то опытного работника — руководителя проекта — возлагается полная ответственность за все существенные решения, будь то общая схема изделия или тонкие, но важные особенности конструкции деталей.

Хорошим примером может служить архитектор, который несет ответственность, как за общую планировку здания, так и за детали оформления окон, играющие существенную роль в реализации задуманного им внешнего вида здания.

Другим примером может служить главный конструктор, который отвечает не только за эксплуатационные характеристики новой машины, но и за выбор важнейших входящих в нее деталей.

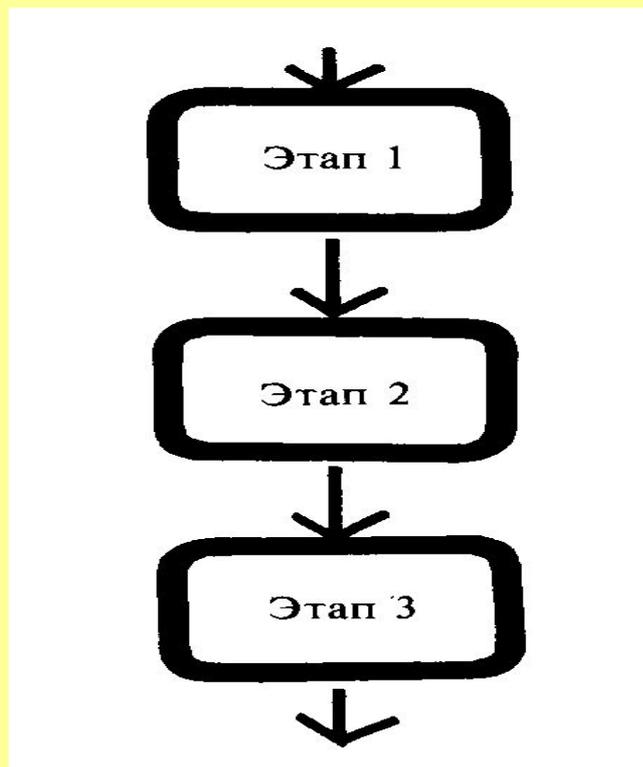
Во всех таких случаях руководитель проекта на основе имеющегося у него опыта решения аналогичных задач сначала решает основные частные задачи, а затем определяет общую схему изделия и распределяет остальную работу между своими помощниками. Ясно, что здесь используются методы "черного ящика".

При решении часто повторяющихся задач, таких, как проектирование дорог, перекрытий, турбин, электрических цепей, электродвигателей и т.д., иногда удается всецело описать опыт разработчиков и полностью автоматизировать процесс проектирования. Это метод "прозрачного ящика" в чистом виде.

*Заранее заданные, или готовые* стратегии поиска решений задач проектирования жестко зафиксированы заранее, подобно программам ЭВМ. Они больше подходят для проектирования в знакомых ситуациях, чем для новаторской деятельности, т.е. для объединения или модернизации существующих конструкций, а не для изобретения новых изделий. Значительная доля работы по проектированию совершается по предсказуемой схеме и, следовательно, может быть выполнена на ЭВМ.

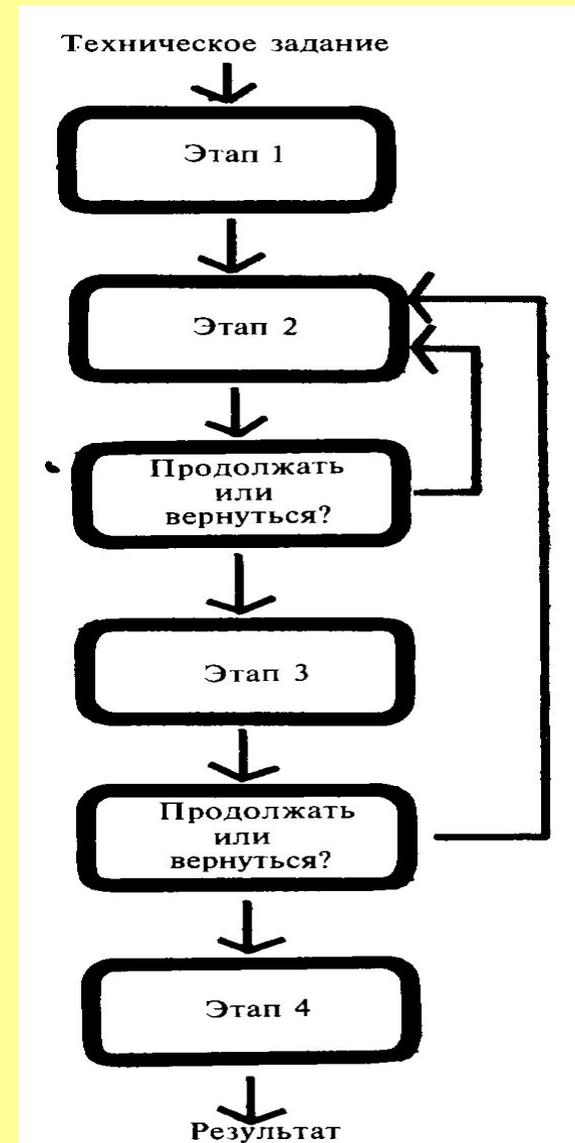
### ЛИНЕЙНАЯ СТРАТЕГИЯ

В идеале заданная стратегия должна быть линейной, т.е. состоять из цепочки последовательных действий, в которой каждое действие зависит от исхода предыдущего, но не зависит от результатов последующих действий.

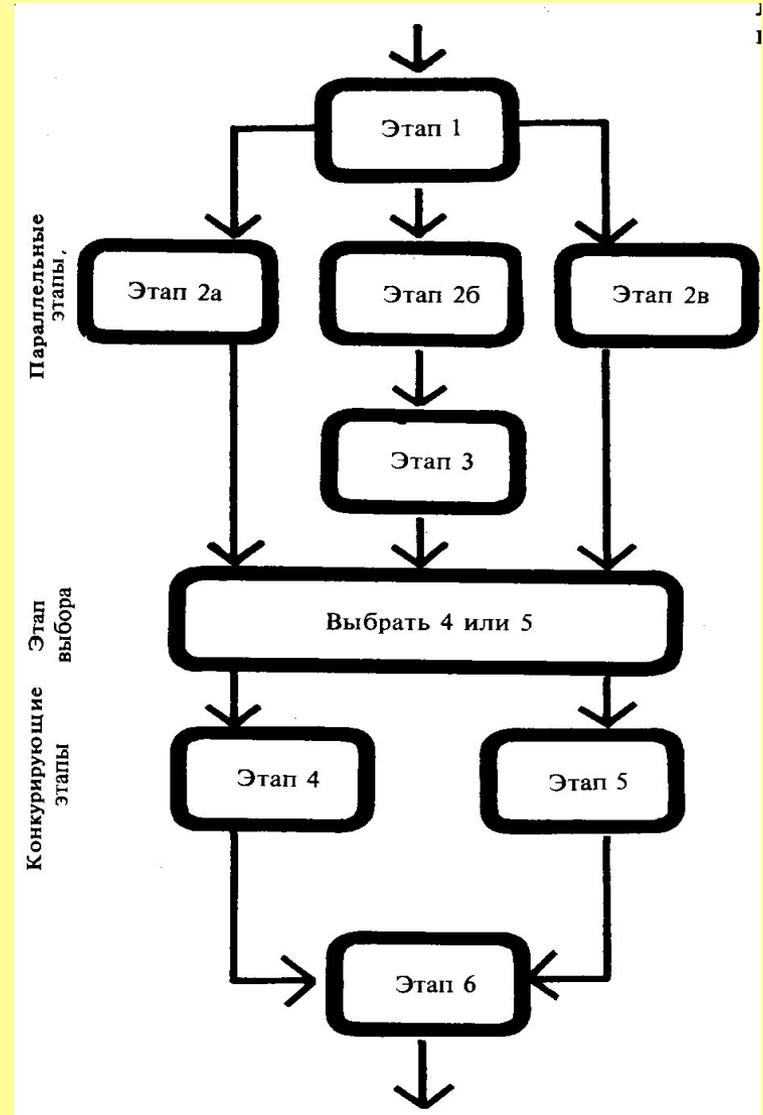


Если после получения результатов на одной из стадий приходится возвращаться к одному из предыдущих этапов, стратегия становится циклической. Встречаются случаи, когда две или несколько петель обратной связи охватывают друг друга, как показано на рисунке.

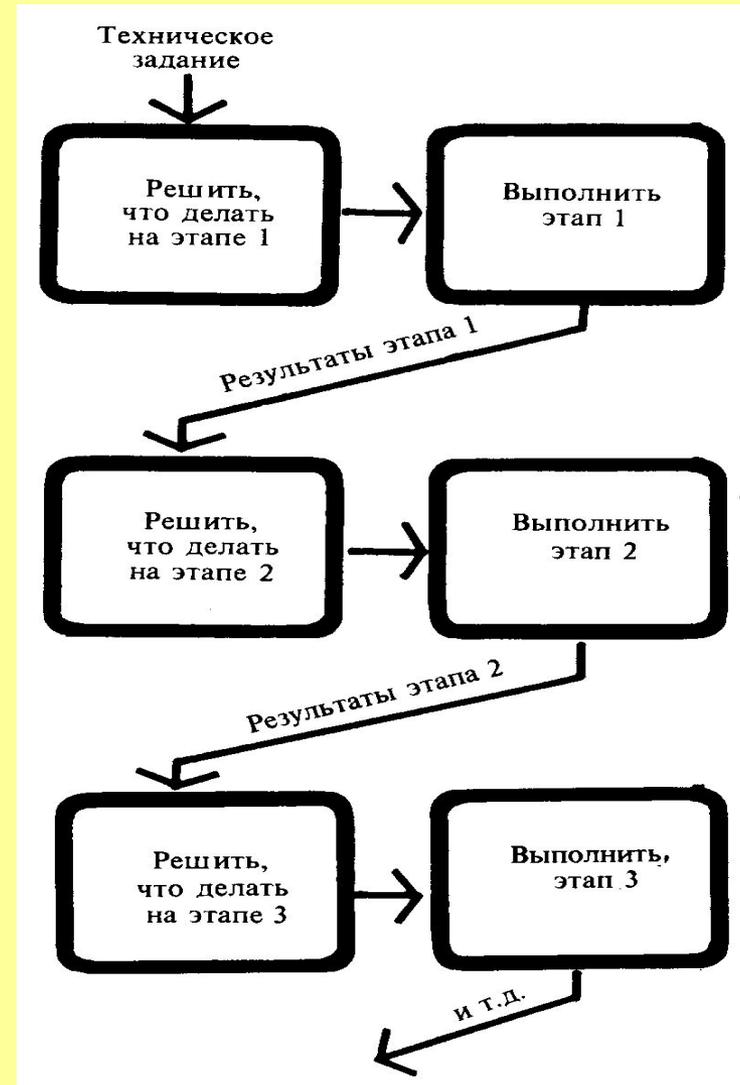
Такая схема с петлями характерна для многих программ для ЭВМ. Самой страшной опасностью для проектировщика в этом случае становится бесконечная петля, или "порочный круг", из которого не удастся выбраться иначе, как изменив структуру задачи.



Когда действия проектировщика не зависят одно от другого, может иметь место разветвленная стратегия. В эту стратегию могут входить параллельные этапы, очень выгодные в том отношении, что позволяют увеличить количество людей, одновременно работающих над задачей, и конкурирующие этапы, которые позволяют в определенной степени видоизменять стратегию в соответствии с исходом предыдущих этапов.



Адаптивные стратегии отличаются тем, что в них с самого начала определяется только первое действие. В дальнейшем выбор каждого действия зависит от результатов предшествующего действия. В принципе это самая разумная стратегия, поскольку схема поиска всегда определяется на основе наиболее полной информации. Ее недостаток состоит в невозможности предвидеть и контролировать затраты и сроки выполнения проекта. Многие предпочитают применять адаптивную стратегию, поскольку она позволяет полностью использовать способность человека "импульсивно" совершать правильные действия.



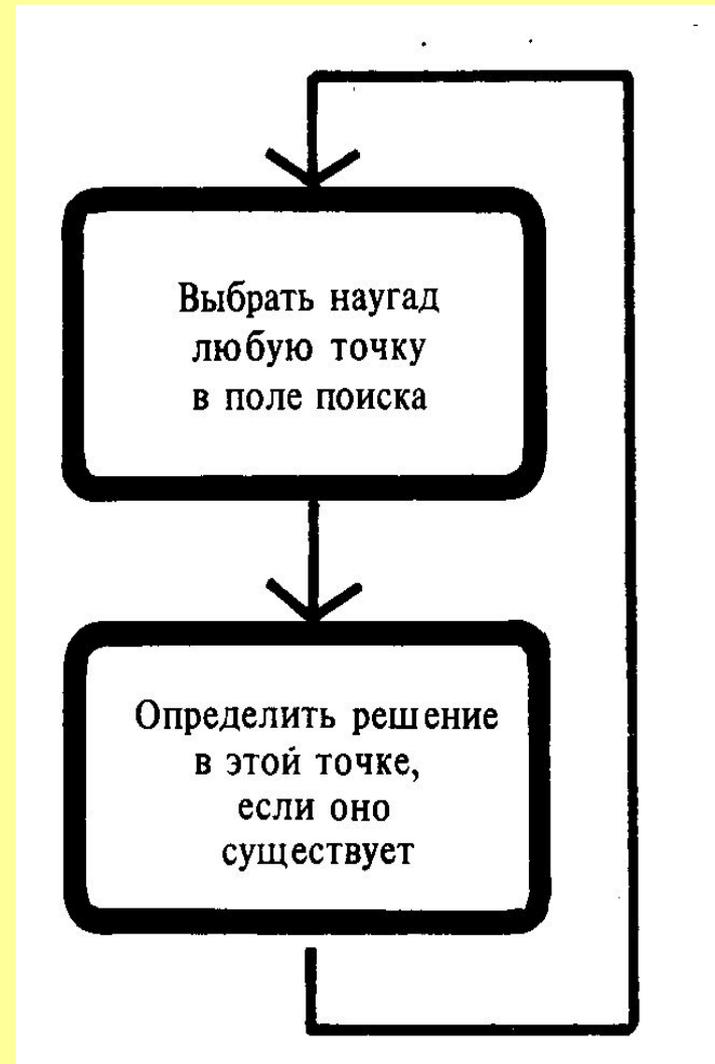
Надежным, но ограниченным вариантом адаптивного поиска является стратегия приращений. Эта осторожная стратегия составляет основу традиционного проектирования, особенно в тех отраслях промышленности, которые базируются на ремесленном производстве; кроме того, на ней основаны многие методы автоматической оптимизации. Суть адаптивного поиска методом приращений заключается в последовательное изменение по одной переменной за каждый шаг.

При поиске методом приращений имеется риск пропустить хорошие решения, когда приращения слишком велики, и не охватить всего поля поиска, когда они слишком малы.



Случайный поиск, отличающийся абсолютным отсутствием плана, в некоторых случаях оказывается наилучшим методом. Эта на первый взгляд неразумная стратегия пригодна тогда, когда необходимо найти множество отправных точек для независимого поиска в широком поле неопределенностей. При выборе каждого этапа сознательно не учитываются исходы остальных этапов, что придает поиску предельно непредубежденный характер.

Метод случайного поиска используется в новаторском проектировании, когда неразумно пренебрегать ни одним из внесенных предложений, пока не будет собрана дополнительная информация. Примером может служить поиск способов применения нового синтетического материала. Интересно отметить, что в большинстве попыток создания "машинного интеллекта" важная роль отводится "генератору случайных чисел".



### 2.2.4. Цикличность

Основной целью методологии проектирования является уменьшение цикличности и увеличение линейности проектирования. Наличие цикличности предполагает, что важнейшие частные задачи остаются незамеченными до поздних этапов работы, а когда они обнаруживаются, требуется пересмотр решений, положенных в основу проекта, или даже полное прекращение работы.

Линейность же предполагает, что все важнейшие проблемы можно обнаружить с самого начала, а риск того, что на более поздних этапах большие затраты труда разработчиков придется списывать в убытки почти или совсем исчезает.

Полной линеаризации всякой разработки мешает непредсказуемость зависимостей между отдельными частями задачи. Схема зависимостей между подпроблемами одной задачи носит непостоянный характер и находится в зависимости от выбора частных решений каждой подпроблемы. В таких случаях структура задачи остается неустойчивой до тех пор, пока не будут приняты принципиальные решения по проекту.

## 2.2.4. Цикличность

Иногда становятся беспочвенны попытки специалистов по теории решений находить решение задач проектирования путем однократного прохода по такой линейной последовательности:

- 1) выявление всех существенных переменных;
- 2) определение зависимостей между ними;
- 3) обеспечение оптимальных значений выходных параметров.

### Основной недостаток такого подхода.

Уже сам процесс выявления переменных (куда входит определение целей и критериев для отбора хороших проектов), очевидно, представляет собой один из труднейших вопросов проектирования. Его трудность связана с тем, что цель проектирования — внедрить в существующий мир новые формы, которые тем или иным способом служили бы его совершенствованию. Однако суждение о том, в чем заключается совершенствование, на первых порах не может не быть произвольным и субъективным. Только после того, как исследованы возможности осуществления многих альтернативных изменений, можно с четкостью, достаточной для расчетов по методам "прозрачного ящика", определить цели, критерии и структуру задачи.

Сейчас применение этих детерминистских методов ограничено такими задачами, которые сводятся к внесению в конструкцию мелких изменений, в то время как структура задачи остается практически неизменной по сравнению с предшествующей конструкцией. Конечно, к этому типу на практике относится значительная часть проектных работ, но в него не входят поисковые работы и создание конструкций на основе новых принципов.

## 2.2.5. Линейность

Можно ли рассчитывать, что не только типовые, но и поисковые задачи удастся решать линейными способами? Перспективными в этом отношении представляются следующие два направления.

1. **Первое направление** заключается в том, чтобы превратить разрабатываемое изделие в конструкцию поточного (или сборного) типа, т.е. сначала спроектировать взаимозаменяемые нормализованные узлы для каждой существенной функции. При этом все зависимости и расхождения между общей схемой изделия и конструкцией отдельных узлов сводятся к небольшому числу точно предсказуемых и неизменных правил соединения одного нормализованного узла с другим. В результате появляется возможность, используя методы "прозрачного ящика", создать большое количество новых изделий, не задумываясь над конструкцией самих узлов.

Куда же в таком случае делась пресловутая цикличность? Она не исчезла. Она появляется на более высоком уровне при разработке нормализованных узлов и правил их соединения. Эта нерасчленимая операция намного сложнее, чем разработка отдельных изделий, и в настоящее время в ее осуществлении, по-видимому, основную роль играет чудо "черного ящика" и одаренность проектировщиков.

## 2.2.5. Линейность

2. **Второе направление** в обеспечении линейности проявляется в адаптивных стратегиях. Общим для этих методов является то, что разработка по методу "прозрачного ящика" предваряется или сопровождается проведением исследований на более высоком уровне. Задача этих исследований заключается в том, чтобы научными способами расширить и предсказать "пространство маневрирования" проектировщика при решении наиболее важных подпроблем.

Примером исследований подобного рода может служить испытание различных вариантов наборного телефонного кода до того, как приступить к конструированию автоматической телефонной станции. Исследование в этом случае можно рассматривать как этап прогнозирования, в котором методами "прозрачного ящика" определяется диапазон возможных выходов на каждом этапе до того, как этот этап осуществлен.

Само собой разумеется, что, если в принятой последовательности этапов, выполняемых методами "прозрачного ящика", обнаружится несоответствие между выходом какого-нибудь этапа и входом следующего этапа, неизбежно придется прибегнуть к цикличности и обратному прослеживанию зависимостей.

Ясно, что при обеспечении линейности вторым способом разработка ведется в обратном порядке по сравнению с обычным, т.е. от внутреннего к внешнему, а не от внешнего к внутреннему, как при обычной разработке, которая идет от описания основных характеристик изделия к детализировке его конструкции. Это позволяет обойти невыполнимое требование теоретиков проектирования, согласно которому прежде чем рассматривать детали следует определить цели и критерии.

## Достоинства и недостатки методов «прозрачного» и «черного» ящиков

Важнейшим достоинством методов "прозрачного ящика" является то, что они позволяют автоматизировать, а следовательно, и ускорить детальные и многократно повторяющиеся операции проектирования.

Если же их использовать для создания действительно новых конструкций, исчезает гибкость, необходимая для исследования неопределенной задачи и циклических петель. Методы "черного ящика" и "прозрачного ящика" позволяют расширить область поиска при решении задач проектирования.

В методах "черного ящика" это достигается путем снятия ограничений, накладываемых на выходные реакции нервной системы проектировщика, или путем стимулирования ее к выработке более разнообразных выходных реакций. В методах "прозрачного ящика" выходная реакция обобщается на языке внешних формализованных символов с таким расчетом, чтобы она включала альтернативы, одной из которых является замысел проектировщика.

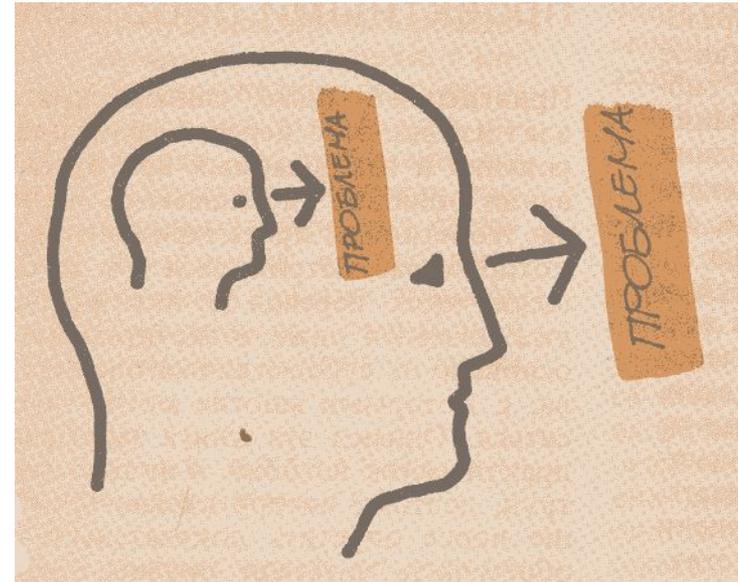
Основным недостатком в обоих этих случаях является то, что проектировщик вырабатывает множество неизученных альтернатив, слишком большое для того, чтобы его можно было исследовать медленным способом сознательного осмысливания. Он не может сделать выбор интуитивно, по принципу "черного ящика", так как при этом вновь вступят ограничения, налагаемые опытом прошлого, а он как раз стремится этого избежать; в то же время он лишен возможности ускорить и автоматизировать поиск с помощью вычислительной техники, так как для составления программы для ЭВМ необходимо заранее знать цели и критерии отбора, а они сами зависят от имеющихся вариантов.

## 2.3. Проектировщик как самоорганизующаяся система

Выходом из дилеммы, связанной с обилием нового материала и необходимостью сразу оценить его в целом, может явиться разделение работы проектировщика на две части:

- 1) осуществление поиска подходящей конструкции;
- 2) контроль и оценка схемы поиска (управление стратегией).

Это дает возможность вместо слепого перебора вариантов применить осознанный поиск и найти короткие пути через незнакомую территорию, используя как внешние критерии, так и результаты частичного поиска. Этот метод применим в том случае, если функция управления стратегией обеспечивает создание правильной модели как стратегии поиска, так и внешней ситуации, которой должна удовлетворять создаваемая конструкция (См. рисунок).



Эта модель "осознания себя + ситуации" (или "стратегии + цели") имеет своей целью предоставить каждому члену бригады проектировщиков возможность самому определить, насколько избранная методика поиска способна привести к приемлемому равновесию между новой конструкцией, ситуацией, на которую она окажет влияние, и стоимостью ее разработки.

## 2.3. Проектировщик как самоорганизующаяся система

Применение рассмотренных нами адаптивных стратегий и стратегий приращений, преследует цель обеспечить ту или иную степень изменения схемы поиска в ходе самого поиска.

Методы управления стратегией, или самоорганизующиеся системы проектирования (смотри рисунок), предназначены для оценки стратегии в целом в соответствии с внешними критериями и промежуточными результатами осуществления самой этой стратегии.

Эти методы призваны обеспечить сохранение принятой стратегии, несмотря на возникающие трудности, до тех пор, пока она остается перспективной, и ее замену или отказ от нее, когда она перестает соответствовать окружающей обстановке.



### 3.1. Проектирование как трехступенчатый процесс

Одно из простейших и наиболее распространенных наблюдений относительно проектирования состоит в том, что проектирование включает в себя три основных стадии: **анализ, синтез и оценку**. Простыми словами эти три стадии можно определить соответственно как "расчленение задачи на части", "соединение частей по-новому" и "изучение последствий от практического внедрения нового устройства". Большинство специалистов по теории проектирования сходятся на том, что обычно эти стадии повторяются многократно, а некоторые считают, что каждый следующий цикл отличается от предыдущего большей детализацией и меньшей общностью.

Для описания и сравнения новых методов проектирования разделим сам процесс проектирования на три ступени. Эти три ступени можно назвать **дивергенцией, трансформацией и конвергенцией**, причем названия эти в большей мере соответствуют новым задачам, связанным с проектированием систем, чем традиционным методам архитектурного проектирования и технического конструирования.

**Дивергенция** – (от лат. отклоняться, расходиться) отклонение от задания, расхождение от задания, изменение задания. Этот термин обозначает расширение границ проектной ситуации с целью обеспечения достаточно обширного — и достаточно плодотворного — пространства для поиска решения.

Дивергентный поиск характеризуется следующими основными чертами:

- а) Цели неустойчивы и условны.
- б) Границы задачи неустойчивы и неопределенны.
- в) Оценка откладывается на будущее: все, что может иметь отношение к решению задачи, принимается во внимание, как бы сильно одно положение ни противоречило другому.
- г) Техническое задание, полученное от заказчика, принимается за отправную точку исследований, но при этом считается, что это задание может подвергаться изменениям и развитию в ходе дивергентного поиска, а может быть, и на более поздних ступенях (однако не без согласия заказчика).
- д) Задача проектировщика заключается в сознательном увеличении своей неуверенности, в освобождении от заранее заданных решений, в изменении стратегии мыслительной деятельности на основе массива данных, которые могут иметь отношение к решению задачи.
- е) Одна из целей исследований на этой стадии заключается в том, чтобы изучить реакцию заказчиков, потребителей, рынка, производства и т.п. на смещение целей и границ задачи в разных направлениях и в различном объеме.

Дивергентный поиск можно рассматривать как проверку на устойчивость всего, что имеет отношение к решению задачи, как попытку определить, что в иерархии социальных ценностей, систем, изделий и деталей (а также в умах тех, кто будет принимать ответственные решения) подвержено изменению, а что можно считать неподвижными точками отсчета.

**Трансформация** (от лат. превращение, преобразование) – преобразовывать, менять, превращать.

Это стадия создания принципов и концепций, пора высокого творчества, вдохновенных догадок и озарений — всего, что составляет радость творческого труда при проектировании. Это же и самая ответственная стадия, когда совершаются крупные ошибки, когда могут восторжествовать необузданный оптимизм или узость мышления, когда необходимы большой опыт и здравомыслие, чтобы не огорчить мир дорогостоящими и бесполезными — или даже вредными — результатами больших, но неверно направленных затрат человеческого труда. Это стадия, когда суждения о ценностях и о технических возможностях объединяются в решения, которые должны отражать реальные политические, экономические и эксплуатационные аспекты ситуации проектирования. Из всего этого возникает общая концептуальная схема проектируемого объекта, которая кажется удачной, хотя это и нельзя доказать (оптимального решения достичь невозможно — можно лишь провести оптимальный поиск). Невозможно обрести полную уверенность в том, что то, что делается, в конечном итоге окажется "наилучшим".

**Конвергенция** (от лат. приближаться, сходиться) – схождение, сближение. Последняя из трех стадий охватывает то, что при традиционном подходе занимало почти все время проектирования, но что по мере автоматизации проектирования постепенно стали игнорировать. Эта стадия наступает тогда, когда задача определена, переменные найдены, а цели установлены. Теперь проектировщику необходимо шаг за шагом разрешать второстепенные противоречия до тех пор, пока из многих возможных альтернативных конструкций не останется одна — окончательное решение, которое и получит "путевку в жизнь".

Подводя итог, можно сказать, что цель конвергенции — сократить поле возможных вариантов до единственного избранного проекта с минимальными затратами времени и средств и без необходимости совершать непредвиденные отступления. Это единственный аспект проектирования, который, видимо, до конца поддается логическому анализу и который — по крайней мере, в некоторых случаях — может быть целиком выполнен вычислительной машиной. Правда, здесь остаются некоторые сомнения. Вкратце они сводятся к тому, что логическое описание путей, которые в прошлом привели к нужной цели, может оказаться несостоятельным при следующем заходе.

В заключении следует отметить, что практика подтвердила высокую эффективность некоторых из новых методов в применении к стабильным и ограниченными определенными рамками ситуациям проектирования, не связанным с новаторством на уровне систем. В таких проектах, как программа пилотируемых космических полетов, система телевидения с ретрансляцией через спутник, проектирование химических заводов и разработка телефонных систем, достигнуты замечательные результаты, которые были бы не мыслимы без применения новых современных методов проектирования.

### А. Готовые стратегии (конвергенция)

#### **Метод А.1. Упорядоченный поиск (применение теории решений)**

##### Цель

Решить задачу проектирования с логической достоверностью.

##### План действий

1. Выявить компоненты задачи:

- а) переменные, которыми проектировщик может распоряжаться по своему усмотрению (параметры проектирования);
- б) переменные, которые не зависят от воли проектировщика (факторы окружающей среды, или независимые переменные);
- в) переменные, которые должны определяться проектом (цели, или зависимые переменные);
- г) назначить целям веса в соответствии с их относительной важностью ("Ранжирование и взвешивание").

2. Выявить зависимости между переменными.

3. Прогнозировать вероятные значения факторов окружающей среды.

4. Выявить ограничения, или граничные условия, т.е. предельные значения всех переменных.

5. Присвоить числовые значения каждому из факторов решения (т.е. проверить ряд вариантов решения проекта) и вычислить значения зависимых переменных (т.е. рассчитать получаемые при этом технические характеристики изделия) .

6. Выбрать такие значения факторов решения, при которых достигается наибольшая сумма числовых значений для всех целей с учетом их весов (т.е. оптимальный вариант проекта) или по крайней мере достигается приемлемое значение для каждой цели.

### **Метод А.2. Стоимостный анализ**

#### Цель

Ускорить поиск путей снижения себестоимости изделия в проектных и производственных организациях.

#### План действий

1. Назначить консультанта или группу консультантов для обучения комплексных бригад методу стоимостного анализа и для контролирования их деятельности.
2. Установить определенные стандарты технических характеристик и качества изделия.
3. Составить подробную калькуляцию себестоимости всех технологических операций и расходов на приобретение материалов и комплектующих изделий.
4. Предложить каждой комплексной бригаде выполнить по каждой детали изделия, следующие четыре этапа стоимостного анализа:
  - а) идентификацию элементов, функций, стоимостей и цен;
  - б) поиск более дешевых альтернатив;
  - в) отбор функционально приемлемых элементов более низкой стоимости;
  - г) оформление выбранного варианта изменения конструкции.
5. До того как приступить к производству изделия пониженной себестоимости, представить результаты стоимостного анализа на одобрение:
  - а) консультантам по стоимостному анализу;
  - б) конструкторскому бюро;
  - в) администрации.

### **Метод А.3 Системотехника**

#### Цель

Добиться внутренней совместимости между элементами системы и внешней совместимости между системой и окружающей средой.

#### План действий

1. Определить входы и выходы системы.
2. Найти систему функций, при помощи которых входы можно преобразовать в выходы.
3. Подобрать или разработать технические устройства для осуществления каждой из этих функций.
4. Проверить полученную систему на внутреннюю и внешнюю совместимость.

### **Метод А.4. Проектирование систем человек— машина.**

#### Цель.

Добиться внутренней согласованности между человеческим и машинным компонентами системы и внешней согласованности между системой и средой, в которой она функционирует.

#### План действий.

1. Определить входы и выходы системы.
2. Найти систему функций, при помощи которых входы можно преобразовать в выходы.
3. Определить, какие функции нужно возложить на людей, а какие — на машины.
4. Определить необходимые методы обучения, вспомогательные устройства, конструкции средств коммуникации между человеком и машиной и конструкции машин.
5. Определить, какие изменения необходимо внести, чтобы обеспечить совместимость между человеком, машиной и средой. .

## **Метод А.5. Поиск границ**

### Цель.

Найти пределы, в которых лежат приемлемые решения.

### План действий

1. Составить полное описание основных технических требований, которыми определяется искомая величина (размер).
2. Как можно точнее определить интервал значений, в котором заключена неопределенность.
3. Изготовить действующую модель, позволяющую регулировать основные параметры технических требований в интервале неопределенности.
4. Провести эксплуатационные испытания, чтобы найти предельные размеры, между которыми заключена область нормальной работы изделия.

## **Б. Методы исследования проектных ситуаций (дивергенция)**

### ***Метод Б.1. Формулирование задач***

#### **Цель.**

Охарактеризовать внешние условия, которым должен отвечать проектируемый объект.

#### **План действий.**

1. Охарактеризовать ситуацию функционирования объекта.
2. Определить характерные для ситуации условия, которым должен отвечать объект, чтобы он был принят заказчиками.

К этим условиям относятся:

- а) конечные требования заказчиков к объекту и их обоснование;
- б) наличные ресурсы;
- в) главные задачи (или цели).

Конечной целью является обеспечение соответствия объекта этим условиям.

3. Обеспечить, чтобы условия, характеризующие главные задачи, были совместимы как друг с другом, так и с информацией, используемой в процессе проектирования.

## **Б. Методы исследования проектных ситуаций (дивергенция)**

### ***Метод Б.2. Поиск литературы***

#### **Цель.**

Отыскать опубликованную информацию, полезную для будущих проектных решений, которую можно получить своевременно и без излишних затрат.

#### **План действий.**

1. Определить цели, для которых разыскивается опубликованная информация.
2. Определить виды изданий, в которых может публиковаться достоверная информация, пригодная для указанных целей.
3. Выбрать наиболее подходящие общепринятые методы поиска литературы.
4. Свести стоимость поиска литературы к минимуму, предусмотрев время на задержки в выдаче информации и непрерывно оценивая как выбор источников информации, так и пригодность собранных данных.
5. Поддерживать точную и полную картотеку признанных полезными документов.
6. Составить и постоянно обновлять небольшую библиотечку для быстрого отыскания нужной информации.

### **Метод Б.3. Выявление визуальных несоответствий**

#### **Цель.**

Определить направления, по которым должен идти поиск путей совершенствования художественно-конструкторского решения.

#### **План действий.**

1. Изучить образцы и (или) фотографию существующих изделий.
2. Определить очевидные несоответствия и противоречия в компоновке и назначении деталей конструкции.
3. Определить причины этих несоответствий и доказать целесообразность изменения художественно-конструкторского решения.
4. Предусмотреть пути ликвидации несоответствий и способы приведения конструкции в соответствие с условиями эксплуатации.

### **Метод Б.4. Интервьюирование потребителей**

#### **Цель.**

Собрать информацию, известную только потребителям данного изделия или системы.

#### **План действий.**

1. Выявить ситуации потребления, имеющие отношение к исследуемой проектной ситуации.
2. Получить согласие всех лиц в рамках ситуации потребления, на которых может оказать влияние присутствие интервьюирующего или внедрение нового проекта.
3. Побуждать потребителей к описанию и демонстрации любых аспектов их деятельности, которые они считают важными.
4. Направить беседу на обсуждение тех аспектов деятельности потребителя, которые имеют непосредственное отношение к исследуемой ситуации.
5. Зафиксировать во время интервью или сразу же после него как основные, так и побочные выводы.
6. Получить замечания потребителей (если это целесообразно) относительно выводов, сделанных на основании интервью.

## **Б. Методы исследования проектных ситуаций (дивергенция)**

### ***Метод Б.5. Анкетный опрос***

#### **Цель.**

Собрать полезную информацию среди большой группы населения.

#### **План действий**

1. Определить проектные решения, на которые могут повлиять ответы на вопросы анкеты.
2. Охарактеризовать виды информации, имеющие важное значение для принятия проектных решений.
3. Определить категории лиц, располагающих необходимыми видами информации.
4. Провести предварительные исследования, чтобы получить представление о знаниях потенциальных участников анкетного опроса.
5. Составить пробную анкету, отвечающую как процедуре опроса, так и конкретной проектной ситуации.
6. Распространить пробную анкету для проверки вопросов, вариативности ответов и метода их анализа.
7. Отобрать наиболее подходящий контингент лиц, располагающих необходимой информацией.
8. Собрать ответы на анкету путем личного интервьюирования или по почте.
9. Извлечь из ответов данные, наиболее полезные для проектировщиков.

## **Б. Методы исследования проектных ситуаций (дивергенция)**

### **Метод Б.6. Исследование поведения потребителей**

#### **Цель**

Исследовать модели поведения потенциальных потребителей нового изделия и предсказать их предельные характеристики.

#### **План действий**

1. Прежде чем приступить к разработке новой конструкции, следует проконсультироваться с опытными и неопытными потребителями аналогичного оборудования и провести соответствующие наблюдения.
2. Проанализировать систему человек-машина для определения задач, возможностей потребителя и художественно-конструкторских требований к тем деталям конструкции, которые находятся в непосредственном взаимодействии с потребителем.
3. Изучить путем наблюдения или моделирования особенно важные аспекты поведения как малоискушенных, так и опытных потребителей предлагаемого изделия.
4. Зафиксировать предельные значения, превышение которых приведет к невозможности выполнения потребителем необходимых операций без возникновения ошибок, поломок и неудобств.

Описанную методику в Европе и России относят к "эргономике", а в США называют "исследованием человеческих факторов". .

**Метод Б.7. Системные испытания****Цель**

Определить действия, способные привести к желаемым изменениям сложной проектной ситуации.

**План действий**

1. Определить характеристики данной проектной ситуации, не соответствующие желаемому.
2. Определить источники резких изменений поведения в рамках данной ситуации.
3. Ввести существенные ограничения в источники вариабельности или снять их, зарегистрировав результаты их влияния на характеристики ситуации, не отвечающие желаемому. Зарегистрировать также их влияние на другие характеристики данной проектной ситуации.
4. Выбрать наиболее перспективные и наименее опасные из изученных ограничений и использовать их для планирования и достижения желаемых изменений.

**Метод Б.8. Выбор шкал измерения****Цель**

Соотнести измерения и вычисления с погрешностями наблюдений, со стоимостью сбора данных и с задачами проекта.

**План действий**

1. Сформулировать вопросы, на которые результаты измерения должны дать ответ.
2. Определить допустимую погрешность и приемлемую стоимость измерения.
3. Выбрать соответствующую шкалу измерения.
4. Разработать методику измерений.

**Метод В.1. Матрица взаимодействий****Цель**

Обеспечить систематический поиск взаимосвязей между элементами в рамках данной проблемы.

**План действий**

1. Определить понятия "элемент" и "взаимосвязь" (таким образом, чтобы другие специалисты могли выявить ту же конфигурацию элементов и взаимосвязей, что и вы).
2. Составить матрицу взаимодействий, в которой каждый элемент может быть сопоставлен с любым другим.
3. На основе объективных данных определить, имеется ли взаимосвязь между каждой парой элементов.

**Метод В.2. Сеть взаимодействий****Цель**

Отразить схему взаимосвязей между элементами в рамках проектной проблемы.

**План действий**

1. Дать однозначное определение понятий "элементы" и "взаимосвязи", как это предложено в методе В.1.
2. Использовать матрицу взаимодействий для определения взаимосвязанных пар элементов.
3. Вычертить граф в виде точек (представляющих элементы), соединенных линиями (изображающими связи между элементами) .
4. Изменить положения точек так, чтобы свести к минимуму число пересечений и более отчетливо выявить структуру сети.

**Метод В.3. Трансформация системы****Цель**

Найти способы трансформации системы с целью ликвидации присущих ей недостатков.

**План действий**

1. Выявить коренные недостатки существующей системы.
2. Установить причины этих недостатков.
3. Определить новые типы компонентов системы, способных ликвидировать присущие ей недостатки.
4. Определить последовательность изменений (путь трансформации, или эволюционная траектория), которая позволит существующим компонентам системы эволюционировать в качественно новые.

**Метод В.4. Проектирование нововведений путем смещения границ****Цель**

Сместить границы нерешенной проектной проблемы, чтобы для ее решения можно было использовать знания из смежных областей.

**План действий**

1. Выявить существенные функции какого-либо устройства, которое способствовало бы достижению поставленной задачи.
2. Выявить противоречия между существующими средствами выполнения этих функций в рамках предполагаемых границ проблемы.
3. Выявить знания, выходящие за предполагаемые границы проблемы, которые можно было бы использовать при трансформации проблемы.
4. Найти сопоставимые промежуточные решения проблемы, которые проложили бы путь к частичному или полному использованию знаний из смежных областей.

**Метод В.5. Проектирование новых функций****Цель**

Создание радикально новой конструкции, способной привести к новым моделям поведения и спроса.

**План действий**

1. Выявить функции каждого конкретного элемента существующего решения.
2. Охарактеризовать основную функцию, для которой указанные функции являются вспомогательными.
3. Охарактеризовать изменения основной функции, которые могут привести к улучшению данной проектной ситуации.
4. Объединить решения пп. 2 и 3 для получения новой основной функции.
5. Найти альтернативные решения разделения новой основной функции на вспомогательные и закрепить каждую из них за новыми конкретными элементами.

**Метод В.6. Классификация проектной информации****Цель**

Разделить проектную проблему на поддающиеся решению части.

**План действий**

1. Записать на отдельной карточке каждую единицу информации, собранной в результате исследования проектной ситуации.
2. Классифицировать карточки по альтернативным наборам категорий до тех пор, пока не будет найден набор, соответствующий как зафиксированным данным, так и субъективной точке зрения проектировщика на проблему.
3. Использовать отобранные наборы категорий как основу для индексации информации, собранной на более позднем этапе, для разбивки проблемы на части с целью последовательной или параллельной работы над ними, а также для пробной идентификации переменных величин и взаимосвязей между ними.
4. Пересмотреть классификацию на более позднем этапе, если появятся противоречивые доказательства, изменятся задачи или точка зрения проектировщика на проблему.

**Метод Г.1. Мозговая атака** Цель: Стимулировать группу лиц к быстрому генерированию большого количества идей.

лан действий

**Метод Г.2. Синектика** Цель: Направить спонтанную деятельность мозга и нервной системы на исследование и преобразование проектной проблемы.

**Метод Г.3. Ликвидация тупиковых ситуаций**

Цель

Найти новые направления поиска, если очевидная область поиска не дала приемлемого решения.

План действий

В литературе, посвященной анализу творческой деятельности, приводится ряд способов изменения подхода к решению проблемы, когда работа зашла в тупик. Эти способы не соответствуют последовательной методике, но их можно разделить на несколько типов, каждый из которых может оказаться достаточным для ликвидации тупиковой ситуации:

1. Правила преобразований, которым можно подвергнуть имеющееся неудовлетворительное решение или какие-либо его части.
2. Поиск новых взаимосвязей между частями имеющегося неудовлетворительного решения.
3. Переоценка проектной ситуации.

## Метод Г.4. Морфологические карты

### Цель

Расширить область поиска решений проектной проблемы.

### План действий

1. Определить функции, которые приемлемый вариант изделия должен быть способен выполнять.
2. Перечислить на карте широкий спектр частичных решений, т.е. альтернативных средств осуществления каждой функции.
3. Выбрать по одному приемлемому частичному решению для каждой функции.

### Пример

Найти новые системы отопления жилищ. (См. пример составления морфологической карты и выбора двух приемлемых вариантов решения проблемы на Рис.).

ВАЖНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ				
	1	2	3	4	5
<b>А</b> Температура воздуха	Теплый воздух от центрального источника	Конвектор в комнате	Конвектор-радиатор в комнате	Регулируемый источник излучения	-
<b>Б</b> Радиационная аппаратура	Высокотемпературный электронагреватель	Высокотемпературный нагреватель с открытым пламенем	Панели с циркуляцией жидкости невысокой температуры	Низкотемпературный электрический нагреватель	Поверхности, нагреваемые конвекцией
<b>В</b> Движение воздуха	Естественная циркуляция	Принудительная циркуляция	Естественная конвекция	Принудительная конвекция	-
<b>Г</b> Влажность	Нерегулируемая	Увлажнитель-испаритель	-	-	-
<b>Д</b> Температурные градиенты	За счет расположения отопительного прибора	-	-	-	-

— Система с циркуляцией теплого воздуха

- - - Система с циркуляцией горячей воды

## Д. Метод управление стратегией

### *Метод Д.1. Переключение стратегии*

#### Цель

Добиться, чтобы спонтанное мышление влияло на организованное мышление и наоборот.

#### План действий

1. Приступить к работе по стратегии, которая, по представлениям проектировщиков, соответствует задаче.
2. Действуя в соответствии с этой стратегией, отдельно записывать мысли, которые спонтанно приходят в голову каждому проектировщику.
3. Записывать каждую спонтанную мысль, как только она возникла, и не возобновлять работ по принятой стратегии, пока не будет уверенности, что каждая мысль в достаточной мере исследована, разработана и записана. Когда данная тема до конца продумана, возобновить работы по принятой стратегии.
4. Когда накоплено достаточное количество результатов, проверить направления, в которых идут плановая стратегия и спонтанные мысли.
5. Если эти два направления противоречат друг другу, решить, игнорировать ли спонтанные мысли или перейти к новой стратегии, в которой эти два направления будут взаимно усиливаться.
6. Повторять эти действия до тех пор, пока не будет найдена стратегия, порождающая спонтанные мысли, которые ее укрепляют.