

РОЖДЕНИЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ИДЕЙ

Г. БУШ

7. ГРАФЫ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ ИДЕЙ

Проблемную ситуацию, изобретательскую задачу, программу поиска, техническую систему целесообразно, если только это возможно, изложить графическими средствами. Наглядность графических изображений способствует лучшему пониманию рассматриваемой системы, обнаружению ранее не замеченных связей между элементами системы и возможностей их изменения и комбинирования.

Одной из разновидностей графического изображения системы является граф — простейшее изображение системы в виде кружочков, обозначающих объекты (технические элементы, понятия, события) и соединенных линиями со стрелками или без стрелок. Кружочки называются вершинами графа, линии со стрелками — дугами, линии без стрелок — ребрами. Стрелками обозначают действия, операции, движения, переходы. Известно множество разновидностей графов: цепи, циклы, сети, графы связей, ориентированные графы, деревья и др. В методике изобретательства наиболее распространенными являются плоские графы связей, деревья и сетевые графики.

Термин «граф» ввел в 1936 г. немецкий математик Д. Кениг. Теория графов сейчас находится в стадии бурного развития. Обычно ее причисляют к топологии, хотя она пересекается со многими разделами теории множеств, комбинаторики, алгебры, теории игр, математической логики и т. п.

Граф связей представляет собой многосвязные элементы, объединенные вместе. Связи соединяют два элемента. При взаимодействии элемента со средой образуются полусвязи, они обозначаются отрезком линии. В теории графов определены величины полусвязей (усилие, поток, мощность, момент, энергия и др.) в виде уравнений. Также определены многосвязные элементы (источник усилия, аккумулятор, потери и т. д.) и их физические интерпретации. Поэтому по графу без труда записываются технологические уравнения системы, легко кодируются физические свойства и причинная зависимость между переменными, а также показывается вид фундаментальной зависимости для основных связей [13, 39].

Графы используются для моделирования существующей или воображаемой системы с целью ее изучения и оптимизации ее структуры.

Деревом называется граф связи без простых циклов (цикл — последовательность ребер, начинающаяся в некоторой вершине и оканчивающаяся в той же вершине), имеющий не менее двух вершин. Так как дерево не имеет простых циклов, то у него обязательно имеются висящие вершины, т. е. вершины только с одним ребром.

В методике изобретательства наиболее часто применяется прадререво, т. е. ориентированное дерево, у которого одна из вершин, называемая корнем, не имеет заходящих дуг, а степени захода остальных дуг равны единице.

Распространен прием генерирования изобретательских идей посредством построения классификационного иерархического прадререва широкой области понятий, идей, явлений и объектов, имеющих отношение к данной задаче с последующим комбинированием и развертыванием этих элементов.

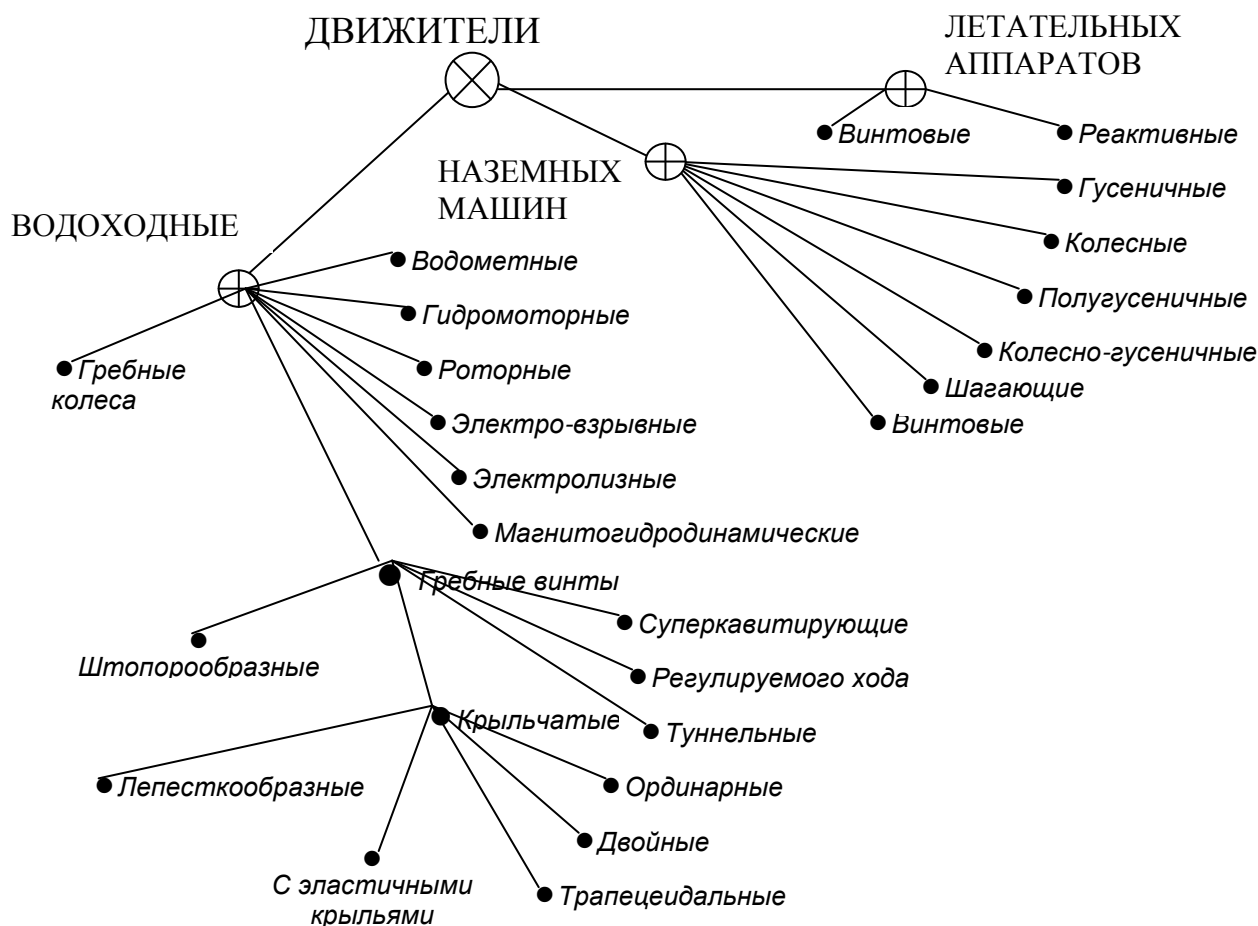


Рис. 13. Прадерево идей для решения задачи усовершенствования водоходного движителя.

Если дана задача усовершенствования водоходного движителя, то первоначальное иерархическое прадерево идей может иметь вид, показанный на рис. 13. Это прадерево идей можно значительно расширить, изучая патентно-техническую литературу, а также дополняя ее собственными гипотетическими идеями, найденными в процессе анализа возможных вариантов конструкций, формы, материалов, принципа действия и т. п. Дополненные собственные идеи целесообразно выделить, например, подчеркиванием, применением другого цвета записи вершин и дуг. После окончательного завершения прадерева поиск решения задачи осуществляется комбинированием, переносом, видоизменением, трансформацией, упрощением и другими приемами [16—21].

С помощью графов типа иерархического прадерева часто анализируют цель и на этой основе определяют ход решения задач. Реальные технические проблемы часто бывают сложными, содержащими серию вопросов, одновременное решение которых на уровне изобретения трудно осуществимо. В таких случаях полезно построить прадерево дробления проблемы на отдельные задачи и подзадачи (рис. 14). Построение такого дерева позволяет лучше понять цель, нагляднее представить себе пути достижения ее, выяснить особенности и взаимодействие отдельных задач и подзадач. Анализ в этом случае целесообразно проводить в следующем порядке:

- сформулировать цель, проблемы, задачи и подзадачи всеми возможными визуальными способами;
- преобразовать формулировки в общем виде без специфических терминов;

- проверить все задачи и подзадачи по критерию реальности; отсеять мнимые, решенные, не соответствующие общественным потребностям задачи;
- проверить все задачи по актуальности; классифицировать задачи;
- построить праdereво всех задач с учетом данных анализа; ,
- определить порядок решения задач, составить график последовательного (в ряде случаев параллельного) решения задач для достижения поставленной цели.

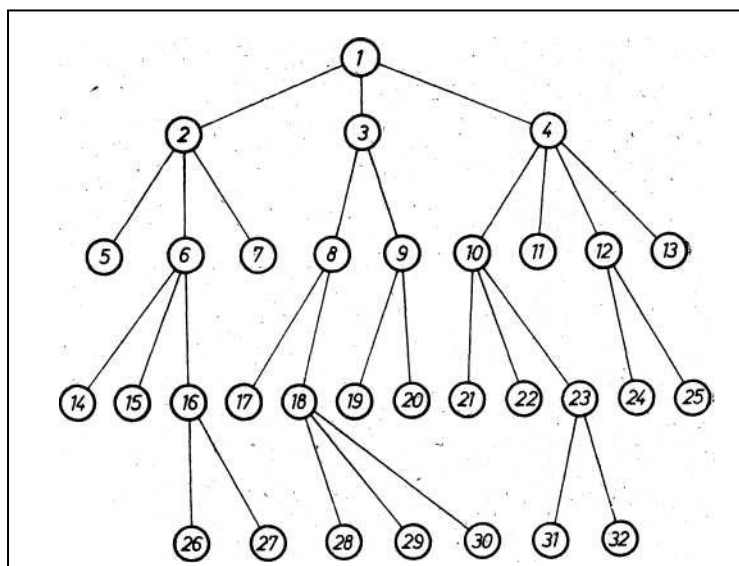


Рис. 14. Праdereво дробления проблемы на задачи и подзадачи:
 1 — цель (общественная потребность);
 2 - 4 — главные проблемы;
 5 - 13 — изобретательские задачи;
 14-+-25 - подзадачи;
 26 - 32 — субзадачи.

Праdereво дробления цели на проблемы, задачи и подзадачи не является идентичным известному «дереву целей», хотя в известной мере и аналогично ему. Для построения «дерева целей» в традиционной форме необходимо иметь четко определенные цели на всех уровнях, взаимосвязанные критерии для измерения относительной важности элементов на каждом уровне и численные оценки относительной важности по критериям каждого уровня. В случае планирования достижения целей путем решения изобретательских задач, как правило, такой четкой определенности заранее установить не удастся. Более того, такая определенность нежелательна, так как необоснованно создает «прокрустово ложе» ограничений, суживает область поиска решения. При решении изобретательских задач целесообразно на первых этапах поиска решения иметь некоторую неопределенность, свободу направлений поиска.

Интерес представляют попытки применения принципа разветвляющегося дерева, ориентированного не на цели, а на процесс. Такой подход более гибок и в ряде случаев может быть успешно использован для поиска изобретательских идей.

При поиске решения конструкторско-изобретательских задач, особенно в случаях предполагаемого множества разветвленных альтернатив решений, можно успешно применять метод построения дерева решений.

Принцип построения дерева решений проиллюстрируем на простом примере. Предположим, что нам необходимо выбрать систему отопления промышленного объекта. На первом уровне наше решение зависит от выбора источника энергии (электричество, дрова, уголь, нефть и т. д.), на втором — от выбора средств распространения тепла (воздух, вода, пар и т. д.), на третьем — от выбора конструктивного принципа. В схемах деревьев решений квадратами принято обозначать решения, принимаемые нами, кружками — решения, зависящие от внешних условий (наличных технических средств, среды, ограничений и т. д.). Дерево решений

включает в себя варианты действий, а также возможные события и результаты действий, на которые оказывают влияние неконтролируемые нами факторы. Естественно, что из возможных событий и результатов будут реализованы только оптимальные в конкретных условиях. Оптимальные варианты действий определяют логическим анализом вариантов.

Практика решения конструкторско-изобретательских задач показала, что подходы поиска решений по частям с последующим установлением логических связей между частями и количественной оценкой связей являются эффективными и перспективными. Однако следует отметить, что далеко не каждый тип графов, направленный на достижение этих целей, пригоден для поиска решения изобретательских задач. Так, например, попытки применить известные графы типа сетевых графиков, для того чтобы сконструировать процесс создания изобретения, не дали обнадеживающих результатов. Построение сетевых графиков основано на предположении, что каждое действие (работа) между двумя результатами (событиями) является единственным и что переход от одной работы к другой детерминирован, т. е. предполагается, что все события обязательно осуществля-

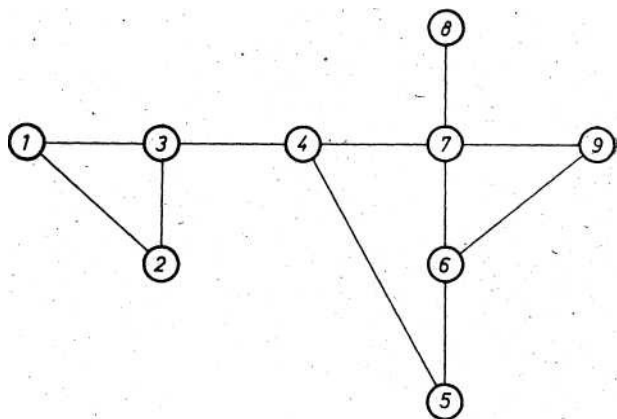


Рис. 15. Сеть взаимодействия элементов технической системы.

ются. Естественно, что в ситуациях поиска решения изобретательских задач ни одно из этих условий, как правило, не соблюдается. Однако сетевой график успешно можно использовать для описания логико-временной последовательности коллективной разработки сложной изобретательской задачи. Такой график, как правило, является рациональным приемом планирования и никаких эвристических свойств не содержит.

Успешно могут быть применены также графы взаимодействия в

виде сетей (рис. 15). Задачу, в которой нужно определить возможности изменения взаимодействия и оценить варианты, иногда удобно решать с помощью сетей взаимодействия и оценочных таблиц [21]. Существующие связи можно преобразовать путем объединения, изменения размеров, перестановки, исключения и других рациональных приемов.

Весьма эффективным в изобретательской практике показал себя прием построения дерева структурных элементов технической системы. Корень дерева имеет столько ветвей, сколько в системе самостоятельных составных частей — механизмов, агрегатов, сборочных единиц (рис. 16). Составные части разветвляются на сложные детали и узлы, последние, в свою очередь, — на составные элементы. С помощью анализа характеристик составных элементов и их взаимодействия применяются рациональные приемы их усовершенствования. В сложных системах применение объединения, разделения, трансформации и т. п. приемов целесообразно, по возможности, осуществить не только на уровне разветвления на элементы, но и на уровне узлов, сборочных единиц, агрегатов.

Граф структурных связей уровней поиска решения изобретательской задачи представляет собой универсальное отображение процесса поиска решения изобретательской задачи.

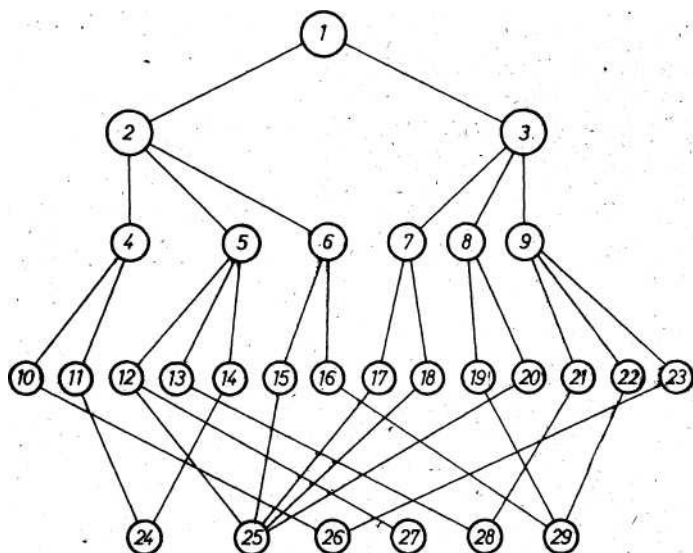


Рис. 16. Дерево структурных элементов технической системы:
 1 — техническая система;
 2, 3 — самостоятельные сборочные единицы;
 4-9 — детали,
 10-23 — элементы;
 24-29 — приемы поиска идеи усовершенствования элементов системы (объединение, разделение, элиминация, трансформация, транслокация, уменьшение, увеличение и др.)

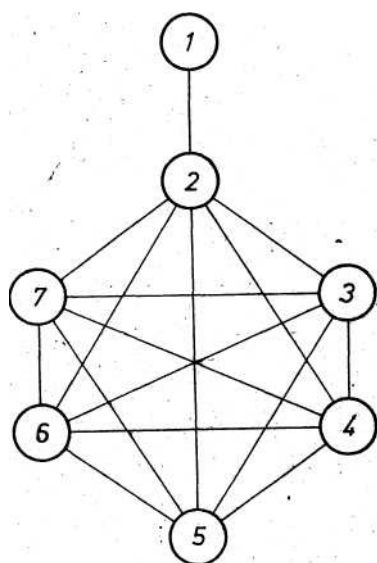


Рис. 17. Граф структурных связей уровней поиска решения конструкторско-изобретательской задачи:
 1-2 — цепь определяющей последовательности;
 2-3-4-5-6-7-2 — цикл поиска решения;
 1 — потребности;
 2 — цель;
 3 — функции;
 4 — принцип действия;
 5 — структура, конструкция;
 6 — форма;
 7 — материал.

Определяющими при решении изобретательских задач являются общественные потребности (рис. 17). Изобретательская задача представляет собой формулировку уровня планируемого удовлетворения потребности. Цель определяет функциональное назначение объекта. В технической системе функцию следует считать определяющей. Как в живой системе функция создает для себя орган, так и в технической системе функция определяет принцип действия и структуру. Структура и конструкция определяют форму и материал. Однако эту прямую последовательность не надо понимать как действующую без обратной зависимости. Структура и функция образуют единство. Функция имеет обратную зависимость от структуры, но одновременно она ее изменяет. Форма и материал взаимно обуславливают друг друга. Такие связи имеются между всеми элементами структуры уровней поиска решения изобретательской задачи.