

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**С. С. Ветохин**

# **КОМБИНАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

*Рекомендовано  
учебно-методическим объединением по химико-технологическому  
образованию в качестве учебно-методического пособия  
для студентов учреждений высшего образования  
по специальности 1-54 01 03 «Физико-химические  
методы и приборы контроля качества продукции»*

Минск 2014

УДК 513.864.2(076.5)  
ББК 22.174я73  
В39

**Р е ц е н з е н т ы :**

кафедра философии и методологии университетского образования  
Республиканского института высшей школы  
(заведующая кафедрой доцент *М. Г. Волнистая*);  
доктор физико-математических наук, профессор, проректор  
по учебной работе, директор института управленческих кадров  
Академии управления при Президенте  
Республики Беларусь *И. И. Ганчеренок*

*Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».*

**Ветохин, С. С.**

В39 Комбинаторные методы принятия решений : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-54 01 03 «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» / С. С. Ветохин. – Минск : БГТУ, 2014. – 78 с.  
ISBN 978-985-530-389-4.

Излагаются основы комбинаторных методов поиска и принятия новых технических и организационных решений, основанных на эвристическом подходе. Для выработки альтернатив предлагаются классические методы. Рассматриваются индивидуальные и групповые приемы принятия решений.

Материалы книги могут использоваться учреждениями образования, осуществляющими подготовку студентов и переподготовку кадров по родственным специальностям.

**УДК 513.864.2(076.5)  
ББК 22.174я73**

**ISBN 978-985-530-389-4**

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2014  
© Ветохин С. С., 2014

# СОДЕРЖАНИЕ

---

---

Предисловие .....	4
1. Общие представления о теории решения проблем .....	5
2. Эвристика .....	7
3. Реализация эвристического алгоритма.....	9
4. Основные комбинаторные методы генерации альтернатив.....	15
4.1. Метод проб и ошибок .....	15
4.2. Метод контрольных вопросов .....	17
4.3. Метод мозгового штурма .....	23
4.4. Синектика.....	33
4.5. Морфологический анализ.....	43
4.6. Теория решения изобретательских задач .....	48
5. Выбор альтернатив и принятие решений.....	60
5.1. Индивидуальное решение .....	60
5.2. Групповые решения .....	61
5.3. Принципы принятия групповых эвристических решений.....	62
5.4. Голосование как метод принятия решения коллективным ЛПР .....	63
5.5. Матричный метод принятия решения.....	72
5.6. Применение множества Парето.....	72
5.7. Метод анализа иерархий .....	73
5.8. Метод парных сравнений.....	76
Рекомендуемая литература .....	78

# ПРЕДИСЛОВИЕ

---

---

Техника – это результат творческой деятельности человека, дополняющий естественный мир. Она, как и природа, управляется объективными законами. Создание новых технических объектов на основе этих законов может происходить в виде обычного конструирования, применяющего принятые подходы, или творческого проектирования, позволяющего в полной мере использовать интеллект *homo sapiens*. В любом случае каждый следующий шаг является продуктом мыслительной деятельности и выбора из некоторого набора возможных альтернатив. При обычном конструировании это выбор стандартной схемы, заполняющих ее стандартных узлов в стандартном исполнении. При творческом проектировании осуществляется поиск нестандартных решений, которые ведут, как правило, к изобретениям.

Аналогичная проблема существует при выработке управленческих решений, в том числе в организационной, социальной, экономической и технической областях. Принятие политических решений как разновидности организационных подчиняется тем же законам и может использовать такие же методы.

Цель настоящего пособия – формирование у слушателей дисциплины «Системный анализ» компетенций, позволяющих генерировать и отбирать технические и организационные альтернативы наиболее простыми, но эффективными способами. При этом материал пособия фактически не касается теории оптимизации с ее сложным математическим аппаратом и ограничивается интуитивно понятными эвристическими методами поиска оптимальных решений, центральное место среди которых занимают методы комбинаторные, под которыми мы будем в дальнейшем понимать все приемы, связанные с перебором вариантов независимо от сложности применяемой процедуры.

Пособие содержит достаточный для понимания рассматриваемых методов объем теоретического материала, задания для самостоятельной работы, материалы для подготовки к практическим занятиям, вопросы для самопроверки, постраничные ссылки для углубленного изучения некоторых разделов. Его объем соответствует предусмотренным программой дисциплины восьми аудиторным занятиям.

# 1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ТЕОРИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

Теория принятия решений устанавливает и изучает закономерности выбора путей решения разного рода задач и способов поиска наиболее выгодных из возможных решений. Она вовлекает понятия и методы математики, статистики, экономики, менеджмента и психологии.

Принятие решения представляет собой процесс рационального или иррационального выбора альтернатив, имеющий целью достижение требуемого результата.

Рациональный подход к выбору альтернатив приводит к алгоритму, представляющему собой последовательность этапов (табл. 1).

Таблица 1

**Основные этапы поиска и принятия решений**

Номер этапа	Этапы формирования решения	Основной результат
1	Анализ ситуации	Формирование модели объекта
2	Выявление проблемы и постановка цели	Определение противоречий между возможностями объекта и требованиями к нему
3	Поиск дополнительной информации	Анализ имеющихся в мировой практике решений в аналогичной ситуации или обоснование необходимости нового решения
4	Генерирование альтернатив	Формирование набора предложений по достижению поставленной цели
5	Формирование критериев для сравнения альтернатив	Инструментарий, отвечающий обеспечению достижения цели
6	Проведение оценки альтернатив	Применение инструментария для оценки альтернатив
7	Выбор оптимальной альтернативы	Принятие решения с учетом последствий и побочных эффектов

Иррациональный выбор альтернатив не предполагает акцентирования на отдельных этапах, поэтому его успешность подобна лотерее: в редких случаях дает преимущество, но чаще приводит к неоправданным потерям времени и иных ресурсов. Тем не менее, иррациональный подход, основанный на эрудиции, опыте и интуиции принимающих решение лиц, может быть весьма продуктивен.

Возможность формализации задачи, т. е. представления ее в виде математических или алгоритмических действий, позволяет применить математическую оптимизацию по набору критериев с использованием аппарата теории оптимизации. Вербально поставленные задачи требуют эвристических подходов. В условиях неполной информации об объекте, что практически неизбежно для сложных систем, математические решения требуют серьезной адаптации к каждой задаче при отсутствии гарантии получения приемлемого решения. Эвристические приемы могут «не замечать» до определенных пределов отсутствия нужной информации, а их предварительное применение может давать возможность уточнения условий задачи для принятия лучшего решения в будущем.

В любом случае последнее слово остается за теми, кто несет ответственность за развитие ситуации, – лицом, принимающим решение (ЛПР). В качестве ЛПР выступают уполномоченные руководители соответствующего уровня или коллективные органы, такие как советы или собрания уполномоченных. Формализованные решения, за исключением вырабатываемых в различных автоматизированных системах управления, также подлежат утверждению ЛПР.

Неформализуемые задачи являются естественным полем применения эвристических методов. Такие задачи чаще всего являются проблемами уникального выбора, т. е. каждый раз проблема является новой для ЛПР или обладает существенными особенностями по сравнению со встречавшимися ранее проблемами. Для них характерна неопределенность в оценках альтернативных вариантов решения из-за нехватки информации. Поэтому оценки альтернативных вариантов решения проблемы имеют качественный характер и чаще всего сформулированы в словесном (вербальном) виде. Принцип вербального анализа решений может быть сформулирован следующим образом: использование для описания проблемы определений и формулировок оценок вариантов решений в виде, естественном для ЛПР, его советников и активных групп, без какого-либо преобразования таких словесных формулировок в количественные значения.

В этих условиях оценки альтернатив по отдельным критериям могут быть получены от экспертов, но объективная шкала измерения оценок во многих случаях отсутствует. Поэтому часто делают относительные оценки, показывающие, чем один вариант лучше другого. После этого общую оценку альтернатив получают на основе субъективных предпочтений, компетентности и интуиции ЛПР. Иногда это единственный способ перейти от оценок по отдельным критериям к общей оценке альтернатив в сложных задачах.

## 2. ЭВРИСТИКА

---

Эвристика (от древне-греческого εὐρίσκω, обозначающего «отыскиваю», «открываю») – отрасль знания, изучающая творческое, неосознанное мышление человека. Эвристика связана с психологией, физиологией высшей нервной деятельности, кибернетикой и другими науками.

Эвристический алгоритм – это последовательность шагов решения задачи, правильность которых для всех возможных случаев не доказана, но известно, что это дает достаточно хорошее решение в большинстве случаев. В действительности эвристический алгоритм может даже быть формально неверен. Но его все-таки можно применять, если при этом он дает неверный результат только в достаточно редких и хорошо выделяемых случаях. Еще чаще такой алгоритм применяют, когда он дает неточный, но приемлемый результат.

Например, стандартный метод определения содержания влаги в различных продуктах, заключающийся в измерении потери массы образца при достаточно долгом выпаривании воды, сопровождается ошибкой, связанной с выпариванием и других летучих веществ. Однако в мировой практике ею пренебрегают, интуитивно полагая незначительность ее для практических целей.

Поэтому эвристика, в отличие от корректного алгоритма решения задачи, обладает следующими негативными особенностями: она не гарантирует нахождение оптимального решения, не гарантирует нахождение решения, даже если оно заведомо существует, может давать неверное решение в некоторых случаях. Вместе с тем только эвристика может приводить к решениям изобретательского уровня, а в большинстве практически важных ситуаций дает многократное преимущество по временным и финансовым затратам, заменяя простой перебор вариантов, работу по правилам и в соответствии с оптимизирующими процесс алгоритмами.

Не следует полагать, что эвристика – это только озарение или волевое решение. Существует достаточно много и автоматизированных эвристических алгоритмов, применяемых для решения задач высокой вычислительной сложности, в которых вместо полного перебора вариантов, занимающего существенное время, а иногда технически невозможного, применяется значительно более быстрый, но недостаточ-

но обоснованный теоретически алгоритм. В области искусственного интеллекта, например, в задачах распознавания образов, эвристические алгоритмы применяются из-за отсутствия общего решения задачи. Применяемые повсеместно антивирусные программы, компьютерные игры, как правило, основаны на эвристических подходах. Поэтому в современных эвристических методах не нужно проверять все возможные комбинации, значительная часть которых отсекается заданными фильтрами или здравым смыслом, т. е. оценкой результата человеком (ЛПР).

Целесообразность использования эвристических алгоритмов для решения каждой конкретной задачи определяется соотношением затрат на решение задачи точным и эвристическим методами, ценой ошибки, временными ограничениями, полнотой априорной информации.

Эвристика зародилась в Древней Греции, где под этим термином понимали систему обучения Сократа, в которой учитель приводит ученика к самостоятельному решению какой-либо задачи, задавая ему наводящие вопросы. Долгое время эвристика, оставаясь единственным методом поиска решений, ограничивалась методом проб и ошибок, т. е. перебора возможных вариантов, ожидания озарения и работы по аналогии. Так, Томас Эдисон провел около 50 тысяч опытов, разрабатывая щелочной аккумулятор. Об изобретателе вулканизированной резины Чарльзе Гудииере (Goodyear) писали, что он смешивал каучук с любым попадавшимся ему под руку веществом: солью, перцем, сахаром, песком, касторовым маслом... Он следовал логическому заключению, что рано или поздно перепробует все, что есть на Земле и, наконец, наткнется на удачное сочетание<sup>1</sup>.

Со временем такие подходы начали приходить в противоречие с темпами создания и сложностью современных объектов. Поэтому, начиная с середины XX в., эвристические методы начинают интенсивно развиваться. При этом изучаются не только приемы и последовательность действий инженеров и других творческих работников, но привлекаются и достижения психологии и физиологии мозга, используются новые достижения теории информации, кибернетики, вычислительной техники.

---

<sup>1</sup>Уилсон, М. Американские ученые и изобретатели / М. Уилсон. – М.: Знание, 1975. – 136 с.



### 3. РЕАЛИЗАЦИЯ ЭВРИСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

---

---

Анализ ситуации включает исследование объекта непосредственно или по имеющимся документам. При этом изучается его назначение, основные характеристики, потребляемые ресурсы, результаты использования, состав, структура, функционирование, связь с другими объектами, характерные неисправности и прочее в зависимости от особенностей решаемой задачи. По результатам исследования строят модель объекта, ограничиваясь только существенными для решаемой задачи признаками.

На этом этапе могут быть определены основные недостатки объекта, в том числе возникающие неисправности, поломки, сбои, появление брака.

Построение модели объекта и проведение ее испытаний может позволить в дальнейшем упростить и ускорить выполнение главной задачи.

Анализ работы объекта может проводиться до или после некоторого события, потребовавшего решения (априорный или апостериорный анализ). Априорный анализ проводится до нежелательного события. Аналитик рассматривает при этом ранее происходившие аналогичные события (поломки, появление брака и др.), чтобы узнать, как и почему они происходили. Апостериорный анализ проводят после того, как нежелательное событие совершилось. Его цель – определить, что именно и почему произошло, для оперативного устранения последствий, а также чтобы сделать выводы, которые могут оказаться полезными для последующих априорных анализов.

Оба этих подхода дополняют друг друга. Выбор метода зависит от сложности данной системы и от того, что о ней уже известно. В случае с материальными системами предыдущий опыт может помочь в подготовке априорного анализа. Но и тогда анализ может быть улучшен за счет последующего апостериорного анализа, в основном базирующегося на изучении происшествий в ходе эксплуатации. Что касается более сложных систем с участием людей, то для них апостериорный анализ еще более важен, поскольку в таких случаях прошлый опыт не всегда достаточен для надежного априорного анализа.

Апостериорный анализ может развиваться в априорный анализ по мере того, как аналитик выходит за рамки единственного процесса, который привел к данному событию, и начинает рассматривать различные происшествия, которые вполне могли привести к подобному случаю.

Апостериорный анализ может стать априорным и когда акцент делается не на том событии, предупреждение которого является главной целью текущего анализа, а на менее серьезных происшествиях. Они, сравнительно незначительные сами по себе, могут быть событиями, предупреждающими об угрозе более серьезных происшествий. В подобных случаях, хотя анализ проводится после того, как незначительное происшествие имело место, он будет априорным по отношению к более серьезному событию, которое еще не произошло.

При проведении анализа используют прямой (индуктивный) метод, который изучает причины некоторых событий с целью предсказать их появление в будущем и последствия, или обратный (дедуктивный) метод, который рассматривает последствия события, а затем устанавливает его причины.

Текущая ситуация может быть признана не требующей никаких дополнительных решений (нулевое решение – оставить ситуацию без изменений, поскольку такие изменения не дадут существенного результата, обойдутся слишком дорого или не могут быть реализованы в настоящее время). Однако во многих случаях системный аналитик приходит к выводу, что возникла проблемная ситуация (далее – проблема, т. е. несоответствие результатов работы системы требованиям или ожиданиям). Ситуация считается проблемной в двух случаях:

а) не достигнуты поставленные цели, например, объект не выполняет необходимые функции должным образом. Эта ситуация требует внесения изменений либо в сами цели, либо в способы их достижения;

б) появилась потенциальная возможность улучшить параметры способа достижения цели: ускорить достижение цели, уменьшить затраты, добиться более высоких результатов, чем планировалось.

В первом случае часто проблема заключается в неисправности оборудования. Рассмотрим этот вариант на примере несложной электронной системы безопасности.

На рис. 1 приведена схема некоего контрольного контура с двумя кнопками ( $B_1$  и  $B_2$ ), которые нужно одновременно нажать для приведения в действие катушки реле ( $R$ ), запускающего сложное технологическое оборудование. При использовании прямого метода состав-

ляют список нарушений, сбоев в работе и регулировке, затем изучают их последствия и, наконец, определяют, представляют ли последствия угрозу безопасности.

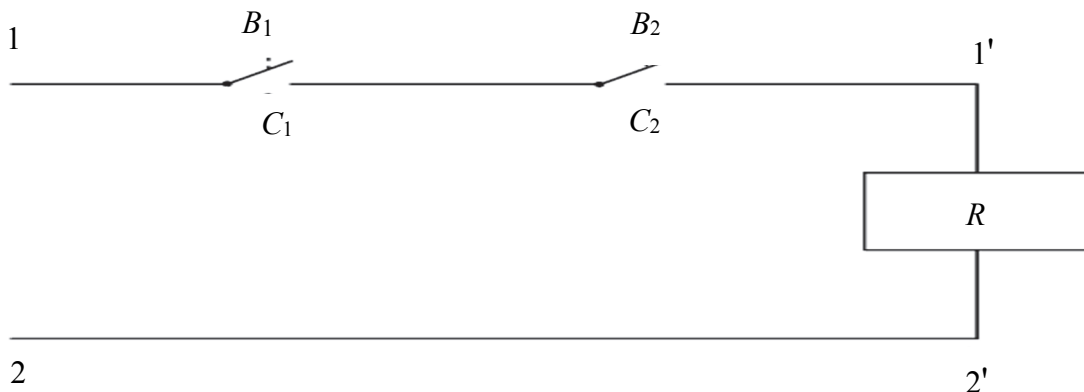


Рис. 1. Двухкнопочная цепь управления

В схеме (рис. 1) могут быть неисправности:

- разрыв провода между точками 2 и 2';
- непреднамеренный контакт в разрывах  $C_1$  или  $C_2$ , например, как результат механической блокировки кнопок;
- случайное замыкание  $B_1$  или  $B_2$ ;
- короткое замыкание между точками 1 и 1'.

Последствия этих повреждений сведены в табл. 2.

Таблица 2

**Возможные неисправности двухкнопочной цепи управления и их последствия**

Нарушения	Последствия
Разрыв провода между 2 и 2'	Невозможно запустить машину*
Случайное закрытие $B_1$ или $B_2$	Никакого непосредственного последствия
Контакт в $C_1$ или $C_2$ в результате механической блокировки	Никакого непосредственного последствия, но машина может включиться от простого нажатия одной из кнопок $B_1$ или $B_2$ **
Короткое замыкание между 1 и 1'	Случайное включение машины***

\* Случай, напрямую влияющий на надежность системы.

\*\* Случай, ответственный за серьезное снижение уровня безопасности системы.

\*\*\* Опасное происшествие, которого следует избегать.

При использовании обратного метода идут от нежелательного происшествия к более ранним событиям, стремясь определить, какое из них может привести к случаю, которого следует избегать. Для нашей схемы конечное событие, которого следует избежать, – это несанкционированный пуск машины.

Пуск машины может быть вызван неконтролируемым приведением в действие катушки реле ( $R$ ), что может произойти из-за короткого замыкания между точками 1 и 1' или из-за непредумышленной одновременной блокировки выключателей  $C_1$  и  $C_2$ .

Результаты этого анализа можно представить в виде дерева событий, показанного на рис. 2.

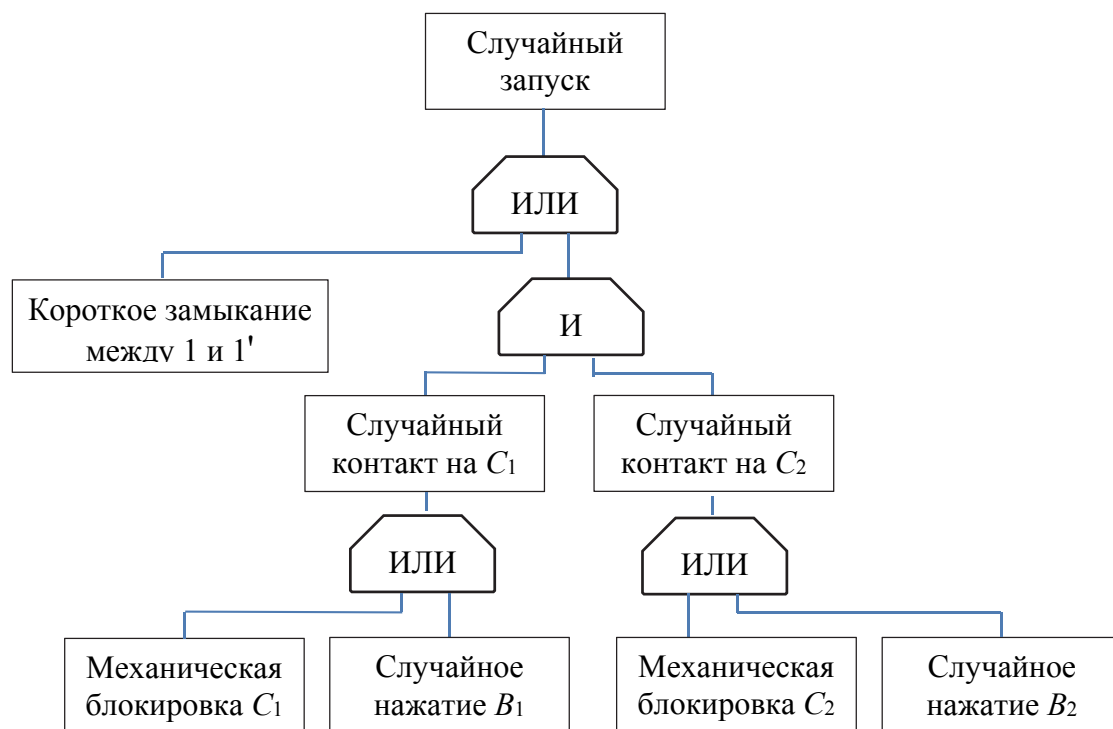


Рис. 2. Дерево событий несанкционированного пуска машины

Обратный метод часто используется в априорном анализе материальных систем, особенно в химической, космической, ядерной отраслях промышленности. Он оказался полезным и при расследованиях несчастных случаев в промышленности.

Прямой и обратный методы дополняют друг друга. Прямой метод базируется на некоем наборе неисправностей и дефектов, и значение такого анализа зависит от правильности выбора различных неисправностей, принимаемых в расчет с самого начала. С этой точки зрения обратный метод представляется более систематичным. Зная, какие типы несчастных случаев и происшествий могут произойти, аналитик теоретически может применить этот метод, возвращаясь к неисправностям или комбинациям неисправностей, способным привести к ним. Тем не менее, поскольку все виды опасного поведения системы не обязательно заранее известны, они могут быть обнару-

жены при помощи прямого метода, используемого, например, путем моделирования ситуации. После того, как они были раскрыты, опасность может быть проанализирована намного подробнее при помощи обратного метода.

Результатом проведения анализа ситуации должно стать выявление проблемы, которую необходимо решить, и формулировка цели, на которую направлено это решение. Как было указано выше, многочисленные проблемы, проявляющиеся в виде происшествий и событий, могут скрывать за собой наиболее существенную – корневую проблему, к которой сходится дерево целей (проблем). Поэтому поле проблем всегда требует иерархического упорядочения, т. е. выстраивания в виде дерева со связями управления и подчинения, которые могут быть весьма сложными (рис. 3).

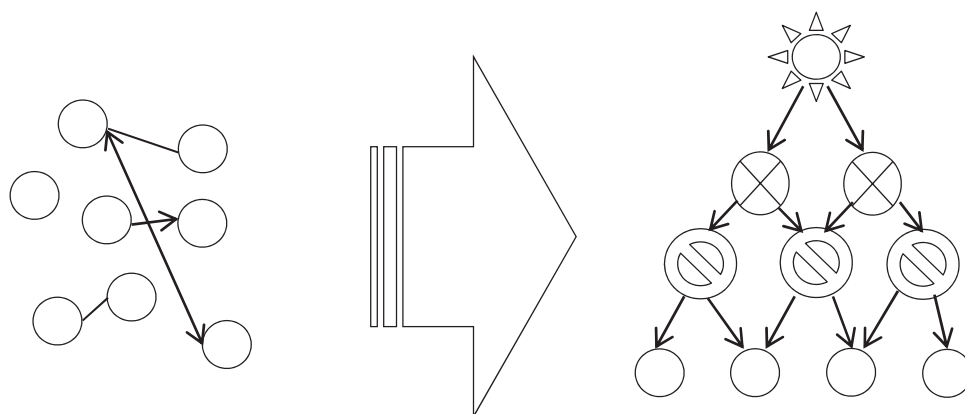


Рис. 3. Упорядочение поля целей (проблем):  
слева – проявившиеся события, справа – дерево целей (проблем),  
наверху которого находится ключевая цель (проблема)

В случаях, допускающих формализацию, общую постановку задачи принятия решения можно представить следующим образом.

Дано:  $A_1, A_2, \dots, A_n$  – множество альтернатив (альтернативы могут быть заданы полностью или частично или не заданы на момент принятия решения);  $K_1, K_2, \dots, K_N$  – критерии оценки альтернатив (критерии могут различаться по важности, которая характеризуется коэффициентом важности (весом)  $w_q$ );  $X_q = x_{q1}, x_{q2}, \dots, x_{qS_q}$  – множество значений оценок (шкала) критерия  $K_q$ , причем  $S_q = |X_q|$  – число градаций на шкале критерия  $K_q$ .

Для дискретных шкал число градаций конечно и обычно невелико:  $S_q = 2-5$ . В случае непрерывной шкалы  $S_q = \infty$ . Дискретные оценки  $x_q$  на шкалах представляют собой числа или словесные определения

градации качества и предполагаются упорядоченными от лучшей ( $x_{q1}$ ) к худшей ( $x_{qsq}$ ). Простейшая шкала состоит из двух градаций, например, «да» и «нет».

Введем также параметр  $U(A_i)$  – многокритериальную полезность  $i$ -й альтернативы  $A_i$  и  $C_1, C_2, \dots, C_m$  – заданные и упорядоченные по качеству (от лучшего к худшему) классы решений. Если  $U(A_i) \exists C_u, \exists C_v$  и  $u < v$ , то  $U(A_i) > U(A_j)$ .

Требуется решить одну из трех задач:

- 1) проранжировать альтернативы по качеству, по значению априорно неизвестной функции полезности;
- 2) выделить одну лучшую альтернативу, т. е. альтернативу с наибольшим значением функции полезности;
- 3) произвести классификацию альтернатив, т. е. отнести альтернативы к упорядоченным по качеству классам решений.

На следующем этапе алгоритма разрабатывается пакет альтернатив. Методы их получения будут рассмотрены ниже в разделе 4. При этом следует отметить, что до применения этих методов необходимо воспользоваться имеющимся опытом решения подобных проблем, который уже использовался и был успешен в решающей проблеме организации, а затем – мировым.

Пакет альтернатив анализируется с помощью шкал индикаторов для задач с измеряемыми параметрами, используя функцию предпочтений (полезности) или путем сравнения по принципу «лучше – хуже». Когда для объекта введено несколько индикаторов, выбор наилучшей альтернативы сам часто становится проблемой. Как отмечалось выше, ключевую роль в таких случаях играет ЛПР.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое эвристика?
2. Какова последовательность операций эвристического алгоритма?
3. Какая ситуация является проблемной?
4. Что такое априорный анализ?
5. Что такое апостериорный анализ?

## 4. ОСНОВНЫЕ КОМБИНАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ АЛЬТЕРНАТИВ

---

### 4.1. Метод проб и ошибок

Метод проб и ошибок (метод перебора вариантов) – врожденный эмпирический комбинаторный метод мышления человека.

Впервые данный метод описан в 1898 г. Э. Торндайком как форма научения, основанная на закреплении случайно совершенных двигательных и мыслительных актов, за счет которых была решена значимая задача. Изначально метод относился лишь к животным. Однако позже было показано, что он не является лишь хаотичным и нецелесообразным, а интегрирует в себе прошлый опыт и новые условия для решения задачи.

Как метод научного познания он был обоснован Карлом Раймондом Поппером в 1937 г. в докладе «What is Dialectic?», перевод которого на русский язык появился только в 1995 г.<sup>2</sup>

К. Поппер пишет: «Метод, с помощью которого пытаются решить все проблемы, обычно один и тот же, – это метод проб и ошибок. Этот же метод, по сути дела, используется и организмами в процессе адаптации. Ясно, что его успешность в огромной степени зависит от количества и разнообразия проб: чем больше мы делаем попыток, тем более вероятно, что одна из них окажется удачной». И далее: «Если метод проб и ошибок развивается все более и более сознательно, то он начинает приобретать характерные черты научного метода».

Простота метода делает его применение консервативным: в наши дни, как и сотни лет назад, в основе технологии решения задач лежит процесс последовательного выдвижения и рассмотрения всевозможных идей. При этом неудачные идеи отбрасываются, а вместо них выдвигаются новые. Правил поиска нет: ключом к решению может оказаться любая идея, даже самая невероятная. Нет и определенных правил первоначальной оценки идей: проходит или не проходит идея, заслуживает ли она проверки или нет – об этом приходится судить субъективно.

---

<sup>2</sup>Поппер, К. Что такое диалектика? // Вопросы философии / К. Поппер. – 1995. – № 1. – С. 118–138.

Ранее, до 30-х гг. прошлого века варианты решения перебирали наугад. Но по мере развития методологии научного исследования формировались представления о том, что в принципе возможно и что невозможно, т. е. начали вводить различные фильтры и правила.

Другая тенденция развития метода проб и ошибок – замена вещественных экспериментов мысленными, а затем – компьютерными. Мысленные эксперименты идут намного быстрее, в этом их основное преимущество. Но они не защищены от психологических помех. Компьютерное моделирование или перебор вариантов ограничены возможностями программы и объемом доступных банков данных.

Метод проб и ошибок в современных условиях лавинообразного увеличения количества и сложности решаемых задач, уже исчерпал свои возможности. Ранее несовершенство метода компенсировали увеличением числа вовлекаемых людей, но в настоящее время такая возможность также уже исчерпана.

Достоинства метода: этому методу не надо учиться, его методика чрезвычайно проста, а простые задачи решаются вполне удовлетворительно.

Недостатки метода: плохо решаются задачи средней сложности, требующие более 20–30 проб, и практически не решаются сложные задачи с тысячами проб. Отсутствие приемов и алгоритмов решения, показывающее на отсутствие управления процессом мышления, приводит к невозможности предсказать, когда будет получено решение и будет ли оно вообще. Отсутствие критериев отбора и оценки силы решения может привести к выбору неправильной альтернативы, больших затрат времени и сил. Считается, что метод проб и ошибок ведет к выдвиганию слабых вариантов решения, что психологи объясняют стремлением человека поскорее освободиться от некомфортного состояния неопределенности, поэтому он делает то, что пришло в голову первым.

Попытки модернизации метода привели к созданию ряда приемов активизации поиска, которые описаны далее. Все они просты, доступны, универсальны, но сохраняют в своей основе тактику перебора вариантов, т. е. остаются комбинаторными.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. В чем заключается идея Торндайка?
2. Какова философия метода проб и ошибок К. Поппера?
3. Каковы основные достоинства и недостатки метода проб и ошибок?



## 4.2. Метод контрольных вопросов

Практически всегда решение проблемы невозможно без правильной формулировки задачи. Анализ задачи в соответствии с эвристическим алгоритмом может быть усилен путем получения ответов на ключевые вопросы, касающиеся данной проблемы. В настоящее время существуют многие десятки подходов к формированию списков таких стандартных вопросов, ответы на которые рассматриваются как ключ к успеху.

Каждый может, в силу понимания ситуации, давать собственные ответы, но когда собирается большая группа людей, то их ответы с большой долей вероятности не только способны решить поставленную задачу, но и предложить пакет альтернатив, хотя сначала могло казаться, что решения нет вообще.

Контрольные вопросы составляются не только в задачах собственно системного анализа, но и в других практически важных случаях, чтобы не упустить что-то важное. Так, всем студентам хорошо известны вопросы для самопроверки качества самостоятельной работы.

Развита данная методика в рекламном деле. Например, российский специалист по рекламе Игорь Борисов предлагает при создании нового объекта ответить на 190 вопросов, последний из которых звучит так: «Использовать в сочетаниях все вышеупомянутое?». Фактически, это бесконечный список, из которого нужно сделать выборку, адекватную решаемой задаче. Списки других авторов, как правило, существенно короче – до десятка вопросов, правда, предполагающих варианты с учетом особенностей проблемной ситуации.

Наиболее известный среди списков общего назначения составлен изобретателем *мозгового штурма* А. Осборном. В нем девять пунктов, но каждый из них имеет несколько вариантов:

1) Какое новое применение техническому объекту Вы можете предложить?

Возможны ли новые способы применения?

Как модифицировать известные способы применения?

2) Возможно ли решение изобретательской задачи путем приспособления, упрощения, сокращения?

Что напоминает Вам данный технический объект?

Вызывает ли аналогия новую идею?

Имеются ли в прошлом аналогичные проблемные ситуации, которые можно использовать?

Что можно копировать?

Какой технический объект нужно опережать?

3) Какие модификации технического объекта возможны?

Возможна ли модификация путем вращения, изгиба, скручивания, поворота?

Какие изменения назначения, функции, цвета, движения, запаха, формы, очертаний возможны?

Другие возможные изменения?

4) Что можно увеличить в техническом объекте?

Что можно присоединить?

Возможно ли увеличение времени службы, воздействия?

Увеличить частоту, размеры, прочность?

Повысить качество?

Присоединить новый ингредиент?

Дублировать?

Возможна ли мультипликация рабочих органов, позиций или других элементов?

Возможно ли преувеличение, гиперболизация элементов или всего объекта?

5) Что можно в техническом объекте уменьшить?

Что можно заменить?

Можно ли что-нибудь уплотнить, сжать, сгустить, конденсировать, применить способ миниатюризации, укоротить, сузить, отделить, раздробить, преумножить?

6) Что можно в техническом объекте заменить?

Что и сколько можно заменить и чем?

Другой ингредиент?

Другой материал?

Другой процесс?

Другой источник энергии?

Другое расположение?

Другой цвет, звук, освещение?

7) Что можно преобразовать в техническом объекте?

Какие компоненты можно взаимно заменить?

Изменить модель?

Изменить разбивку, разметку, планировку?

Изменить последовательность операций?

Транспонировать причину и эффект?

Изменить скорость или темп?

Изменить режим?

8) Что можно в техническом объекте перевернуть наоборот?

Транспонировать положительное и отрицательное?

Нельзя ли поменять местами противоположно размещенные элементы?

Повернуть их задом наперед?

Перевернуть низом вверх?

Обменять местами?

Поменять ролями?

Перевернуть зажимы?

9) Какие новые комбинации элементов технического объекта возможны?

Можно ли создать смесь, сплав, новый ассортимент, гарнитур?

Комбинировать секции, узлы, блоки, агрегаты?

Комбинировать цели?

Комбинировать привлекательные признаки?

Комбинировать идеи?

Один из наиболее популярных списков поиска технических решений составлен английским изобретателем Т. Эйлоартом. По сути – это «программа» работы изобретателя, который настойчиво пытается решить задачу. Некоторые вопросы требуют развитого воображения, другие – глубоких и разносторонних знаний. Многие пункты этого списка перекликаются с правилами теории решения изобретательских задач.

Список Эйлоарта даже выглядит в виде шагов, уточняющих информацию, цели, известные и возможные методы решения этой и подобных задач:

1) перечислить все качества и определения предлагаемого изобретения, изменить их;

2) сформулировать задачи ясно. Попробовать новые формулировки. Определить второстепенные и аналогичные задачи. Выделить главные;

3) перечислить недостатки имеющихся решений, их основные принципы, новые предложения;

4) набросать фантастические, биологические, экономические, молекулярные и другие аналоги;

5) построить математическую, гидравлическую, механическую и другие модели (модели точнее выражают идею, чем аналоги);

6) попробовать различные виды материалов, состояния веществ, эффекты, виды энергии:

– газ, жидкость, твердое тело, гель, пену, пасту и др.;

– теплоту, магнитную энергию, электрическую энергию, свет, силу удара и т. д.;

- различные длины волн, поверхностные свойства и т. п.;
- переходные состояния – замерзание, конденсация, переход через точку Кюри и т. д.;
- эффекты Джоуля – Томсона, Фарадея и др.;
- 7) установить варианты, зависимости, возможные связи, логические совпадения;
- 8) узнать мнение некоторых совершенно неосведомленных в данном деле людей;
- 9) устроить сумбурное групповое обсуждение, выслушивая все рассуждения и каждую идею без критики;
- 10) попробовать «собственные» (личные) решения: хитрое, всеобъемлющее, расточительное, сложное;
- 11) спать с проблемой, идти на работу, гулять, принимать душ, ехать, пить, есть, играть, играть в теннис – все с ней;
- 12) бродить среди стимулирующей обстановки (выставки, технические музеи, магазин для технического творчества), просматривать журналы;
- 13) набросать таблицу цен, величин, перемещений, типов материалов и т. д., разных решений проблемы или разных ее частей, искать проблемы в решениях или новые комбинации;
- 14) определить идеальное решение, разрабатывать возможные;
- 15) видоизменить решение проблемы с точки зрения (скорее или медленнее) размеров, вязкости и т. п.;
- 16) в воображении залезть внутрь механизма;
- 17) определить альтернативные проблемы и системы, которые изымают определенное звено из цепи и таким образом создают нечто совершенно иное, уводя в сторону от нужного решения;
- 18) чья это проблема? Почему его?
- 19) кто придумал это первый? История вопроса. Какие ложные толкования этой проблемы имели место?
- 20) кто еще решал эту проблему? Чего он добился?
- 21) определить общепринятые граничные условия и причины их установления.

Считается, что последовательно отвечая на сформулированные вопросы, человек дисциплинирует процесс мышления и обращает внимание на детали, которые до этого проходили мимо его сознания.

Списки, подобные описанному, можно еще больше упорядочить, например, построив *фантограмму* – таблицу, в которой по вертикали приводятся группы эвристических приемов преобразования объекта, по горизонтали – приемы изменения.

Чаще всего по вертикали применяют следующие характеристики объекта: форма; структура, включая микроструктуру; пространство, среда; время; движение и силы; материал и вещество; дифференциация и комбинирование; количество; аналогии, замены, – а по горизонтали – действия: увеличить, уменьшить; объединить, разъединить; сделать наоборот; ускорить, замедлить; сместить во времени вперед-назад; отделить функцию от объекта; изменить связь между объектом и средой, включая замену среды; изменить количество.

Фантограмма представляет собой упрощенную версию *морфологического ящика* – одного из методов *морфологического анализа*.

Один из наиболее образных игровых подходов к формированию списка вопросов предложен как метод креативного мышления Эдвардом де Боно, который назвал его «**Шесть Шляп Мышления**». Суть метода – в делении мышления на шесть различных режимов или шесть шляп. Каждый раз, «надевая» определенную шляпу, мы переключаемся на присущий только ей подход, как будто начинаем играть определенную роль в театре. Эти роли примерно следующие.

Красная шляпа. Вопросы, задаваемые в этой шляпе, побуждают интуицию. Например, «Как ты относишься к данной проблеме, а к предлагаемым путям решения?».

Желтая шляпа. В ней мы обсуждаем только преимущества, и задаем вопросы вроде: «Что улучшится благодаря Вашему предложению?».

Белая шляпа только уточняет информацию, спрашивая: «Что мы знаем наверняка?».

Зеленая шляпа самая творческая, ее вопросы – это идеи, которые ставятся на обсуждение. Здесь допустима любая фантазия, а критика запрещена. Можно спросить: «А не объединить ли нам самолет с этажеркой?», «Зачем нам что-то покупать, когда можно что-нибудь продать?», «А может нам это вообще и не надо?».

Черная шляпа символизирует осторожность, проверку, возможные опасности, скептицизм. И вопросы здесь задаются соответствующие: «А кто сказал, что у Иванова 60% голосов?», «Это никогда не срабатывало, почему получится сейчас?», «Насколько возрастут затраты?».

Синяя шляпа – это рефлексия. В этой шляпе уместно спросить: «Что же мы имеем в результате?», «У нас есть план?», «Какие задачи и в каком порядке будем решать далее?».

Стандартная технология использования – формирование группы, определение последовательности использования шляп, которая подбирается под конкретную ситуацию. Затем участники одновременно надевают шляпы в заданной последовательности. Задача модератора – следить за ходом события и поправлять шляпы на игроках, если кто-то из них решит сменить цвет раньше времени. В конце, в синих шляпах подводятся итоги.

Достоинства метода контрольных вопросов:

1) Метод контрольных вопросов способен помочь, когда нужно быстро предложить решение, неважно, насколько революционное и креативное. С позиций изобретательства, т. е. создания новых технических объектов, списки контрольных вопросов наиболее эффективны, когда можно ограничиться применением известного решения к известной проблеме. В этом смысле задавать контрольные вопросы – все равно, что постукивать молотком по стенке старинного дома: а вдруг где-то обнаружится пустота, в которой лежит клад.

2) Метод контрольных вопросов помогает не тратить время на «изобретение велосипеда». Это шпаргалка для поиска шаблонных решений, которая позволяет позже, отбросив их, заняться поиском действительно креативных сюжетов.

3) Метод помогает преодолеть инерцию мышления.

4) Метод универсален и ему практически не надо учиться.

5) Благодаря методу работа над проблемой идет более целенаправленно, системно.

6) Сила метода контрольных вопросов в том, что он формируется на основе долговременного опыта специалистов.

Недостатки метода контрольных вопросов:

1) Решение почти наверняка будет стереотипным, потому что в список контрольных вопросов включены типичные, наиболее употребимые действия и образы. Новизна здесь возможна только на путях деления объектов на части, перетасовки частей, комбинирования действий и образов и т. п.

2) Список нужно постоянно модернизировать в соответствии с условиями каждой конкретной задачи.

3) Метод контрольных вопросов довольно трудоемок.

*Вопросы для самопроверки*

1. Какова структура листа вопросов Осборна?

2. Какова структура листа вопросов Эйлоарта?

3. В чем достоинства метода контрольных вопросов?
4. Каковы недостатки метода контрольных вопросов?

#### **4.3. Метод мозгового штурма (brain-storming)**

Метод появился в США в конце 30-х гг. XX в. Первичные его идеи были изложены Алексом Осборном в 1942 г.<sup>3</sup>, а окончательно метод оформился и стал известен широкому кругу специалистов с выходом в 1953 г. его книги «Управляемое воображение»<sup>4</sup>. Более 10 лет изобретение удерживалось в секрете, обеспечивая конкурентные преимущества рекламно-маркетинговому агентству Осборна.

В 50-х гг. XX в. в США был период активного применения мозгового штурма. Простота метода, отсутствие ориентации на конкретную область деятельности привели к широкому его распространению. Обычной практикой стала организация мозговых штурмов при возникновении какой-либо трудности. Специализированные группы, работавшие на предприятиях и применявшие метод, стали называться «мозговыми центрами». Появились фирмы, получившие название «фабрик мыслей». Эти фирмы занимались решением проблем, поставленных заказчиком, и мозговой штурм являлся одним из наиболее широко применяемых ими инструментов. Книга А. Осборна является до настоящего времени одним из рекомендованных в США учебников по развитию творческих способностей.

Чаще всего сессия мозгового штурма организуется в двух ситуациях:

а) Специалисты действуют в правильном направлении. Применяемые ими средства в общем верны, но недостаточны. Для выхода на решение необходимо развивать их дальше, применить весь арсенал известных в данной области средств.

б) Специалисты применяют привычные им средства, которые не дают требуемого эффекта, не зная о наличии иных, более эффективных средств, знакомых специалистам другого профиля.

Целью мозгового штурма и является поиск как можно более широкого спектра направлений решения задачи. К сожалению, этот аспект часто затушевывается, метод пытаются сравнить с более простыми комбинаторными методами без учета особенностей получаемого продукта. Структурно метод представляет собой двухэтап-

---

<sup>3</sup>Osborn, Alex. How to Think Up! New York, NY: McGraw-Hill Book, 1942. – 38 p.

<sup>4</sup>Osborn, A. Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving New York: Charles Scribner's Sons, 1953. – 417 p.

ную процедуру решения задачи: на первом этапе выдвигаются идеи, а на втором они конкретизируются, развиваются. Важнейшей предпосылкой, на которую опирался Осборн, является представление о наличии у каждого человека двух важнейших аспектов работы мозга: творческого разума и аналитического мышления. Их чередование, по мнению Осборна, и составляет основу всех процессов творческой работы.

В связи с этим А. Осборн предлагал следующую последовательность действий:

1. Продумайте все аспекты проблемы. Наиболее важные из них часто бывают так сложны, что для их выявления требуется работа воображения.

2. Отберите подпроблемы для мозговой атаки. Обратитесь к списку всевозможных аспектов проблемы, тщательно проанализируйте их, выделите несколько целей.

3. Обдумайте, какие данные могут пригодиться. Проблема сформулирована, теперь нужна вполне определенная информация. Но сначала творчество, чтобы придумать всевозможные виды данных, которые могут помочь.

4. Отберите предпочтительные источники информации. Установите, какие из них следует изучить в первую очередь.

5. Придумайте всевозможные идеи – ключи к проблеме. Эта часть процесса мышления, безусловно, требует свободы воображения, не сопровождаемой и не прерываемой критическим мышлением.

6. Отберите идеи, которые вероятнее всего ведут к решению. Этот процесс связан в основном с логическим мышлением. Акцент здесь делается на сравнительном анализе.

7. Придумайте всевозможные пути для проверки. Здесь мы опять нуждаемся в творческом мышлении. Часто удается обнаружить совершенно новые способы проверки.

8. Отберите наиболее основательные способы проверки. Принимая решение о том, как лучше проверять, будем строги и последовательны. Отберем те способы, которые кажутся наиболее убедительными.

9. Представьте себе все возможные области применения. Даже если наше окончательное решение подтверждено экспериментально, мы должны иметь представление о том, что может произойти в результате его использования в различных областях. Например, каждая военная стратегия окончательно формируется на основании представления о том, что может сделать неприятель.

10. Дайте окончательный ответ.



В этой последовательности ясно видно чередование творческих, синтезирующих этапов и аналитических, рассудочных.

Работа в рамках этих этапов должна выполняться при соблюдении ряда основных правил. На этапе генерации идей их три:

1. Запрет критики.

2. Запрет обоснований выдвигаемых идей.

3. Поощрение всех выдвигаемых идей, включая нереальные и фантастические.

На этапе анализа основное правило:

4. Выявление рациональной основы в каждой анализируемой идее.

Рассмотрим сущность метода более подробно.

На этапе генерации идей целесообразно привлекать людей с хорошими творческими способностями, большой скоростью мыслительных операций, легкостью включения в новые ситуации, гибкостью, способностью переключать внимание с одного аспекта деятельности на другой, расширенным полем ориентировки. При этом следует учитывать, что повышение скорости мыслительных операций, необходимое для участвующих в процессе генерации идей, может приводить к поверхностным высказываниям. Для генераторов важно умение работать с уже известным материалом, постоянно меняя систему критериев его оценки, отказываясь от традиционных подходов.

Для генераторов идей нужно создать благоприятные условия. Их голова не должна быть занята проблемами, не относящимися к решаемой задаче. Поэтому сессию штурма лучше устраивать с начала рабочего дня. Помещение должно быть изолировано от внешних воздействий: шума, вибраций, телефонов, вызовов по срочным делам.

Все участники находятся в равных условиях, условно – за круглым столом. Поэтому их статус в организации тоже должен быть сравнимым, а начальников вместе с подчиненными за столом нет.

Число участников от 3 до 12. Более многочисленная группа обязательно разобьется на подгруппы, и процесс станет неуправляемым. Участников желательно подобрать по темпераменту, чтобы более активные холерики не подавляли флегматиков, у которых в действительности идей не меньше. Ведущий может быть выделен, например, контрольными часами или устройством звукозаписи.

Ведущий объявляет задачу, формулируя ее обобщенно, чтобы не отсеять смежные области знания. Он обязательно напоминает правила и сообщает о временных рамках.

Роль ведущего при проведении мозгового штурма не проста. А. Осборн предлагал выбирать ведущих среди лиц, обладающих высокой творческой активностью в сочетании с доброжелательностью по отношению к идеям, высказанным другими людьми. Кроме того, ведущий должен иметь авторитет, но не по должности, среди тех, с кем собирается работать. Ведущий должен сочетать в себе все качества, необходимые и генератору, и аналитику, обладать хорошей реакцией, богатством ассоциативных связей, легкостью генерирования идей в сочетании с хорошими аналитическими способностями. Ведущий должен уметь выполнять следующие процедуры:

- производить отбор участников;
- обучать участников необходимым приемам работы;
- формулировать проблему с учетом квалификации и личностных качеств участников этапа генерации идей;
- обеспечивать деятельность участников во время этапов генерации и анализа идей;
- проводить классификацию и оценку идей;
- проводить анализ итогов штурма, использовать их для саморазвития.

Рассмотрим выполнение этих процедур более детально.

Идеи выдвигаются в случайной последовательности, лишь изредка ведущий организует порядок их выдвижения. Обстановка напоминает дружескую беседу, однако темп высказываний должен быть высоким. В среднем в минуту требуется 4–5 идей. Высказывания лаконичны, часто это незаконченные фразы, иногда просто слово-реплика. Можно устанавливать и жесткую очередность высказываний, например, по кругу.

Идеи, выдвинутые на этапе генерации, оформляются в протоколе, в котором происходит их первичная расшифровка. Она состоит в расширенном описании высказываний участников, придании им правильной законченной формы. На этом этап генерации завершается.

Участники этапа анализа идей должны быть интеллектуалами, обладать логическим, упорядоченным мышлением, сочетающимся с терпимостью к новым подходам и чужим идеям. Как и генераторы, аналитики должны обладать творческими способностями, поскольку идеи первого этапа продолжают дорабатываться и развиваться.

Этап анализа протекает в течение длительного времени, растягиваясь иногда на несколько дней. В течение всего этого времени происходит повторяющийся круг операций, связанных с анализом

идей, выдвинутых на этапе генерации. Эта последовательность операций представлена на рис. 5.

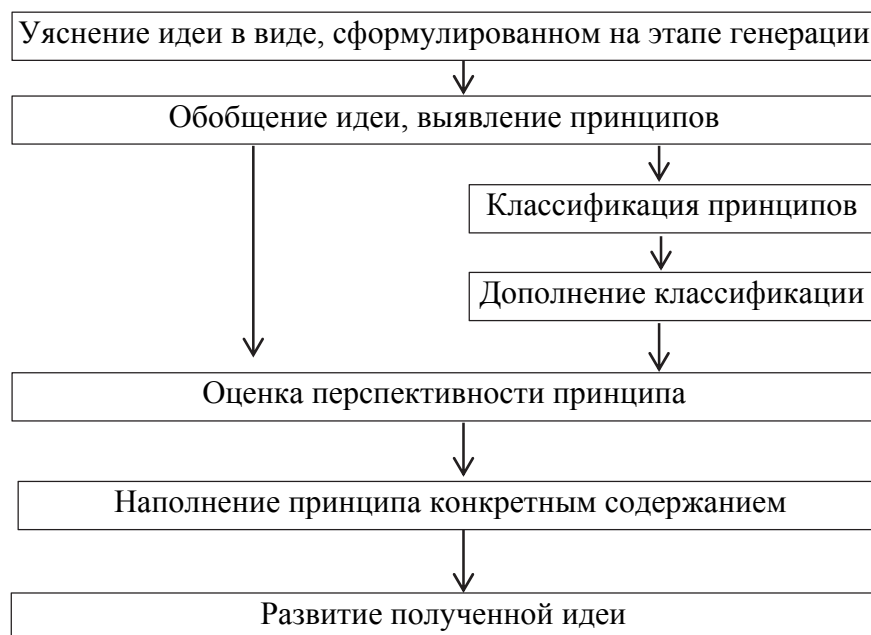


Рис. 5. Структура обработки идей на аналитическом этапе

Обобщение идеи осуществляется для освобождения предложения от внешних, отвлекающих, эмоциональных моментов, заменой их на нейтральные конструкции. Выявление рациональной основы обеспечивает сравнение между собой внутренней сущности предложений, позволяет производить их классификацию. В процессе классификации часто происходит дополнение системы принципов, выдвинутых генераторами.

Пример. При решении задачи очистки маслобака гидросистемы сельскохозяйственной машины от частиц, образующихся при сварке бака, на этапе генерации были предложены идеи, которые аналитики свели в следующие направления:

- очистка бака после его сварки;
- изготовление бака без образования частиц;
- улавливание частиц в процессе работы гидросистемы. Оценка полноты предложенной системы позволила на этапе анализа выявить еще одно направление;
- фиксация образовавшихся частиц на стенках бака.

Развитие этого направления показало его большую потенциальную ценность. На базе данной обобщенной идеи был разработан способ фиксации частиц загрязнений напылением полимерной пленки на внутреннюю поверхность бака после его изготовления.

Каждый из выдвинутых принципов оценивается на перспективность, целесообразность реализации с учетом существующих в данной системе ограничений. Принципы, прошедшие этот этап отбора, развиваются аналитиками, т. е. происходит процесс конкретизации. Этот процесс подразумевает наполнение абстрактной идеи отраслевым, специфическим содержанием, отработку возникающих трудностей.

Мозговой штурм помогает преодолевать инерцию: мысль сдвигается с мертвой точки, разгоняется... и часто проскакивает то место, где надо остановиться. Десятки раз наблюдалась такая картина: один участник штурма высказывает мысль, ведущую в правильном направлении, другой подхватывает мысль, развивает ее; до выхода на финишную прямую остается несколько шагов, но в этот момент кто-то выдвигает совершенно иную идею, цепь обрывается, и группа снова оказывается на исходных позициях.

Даже при отсутствии явной критики во время выдвижения идей, критика проявляется в форме выдвижения альтернативных предложений. Для устранения этого недостатка был предложен вариант мозгового штурма, в котором каждую выдвинутую идею надо было развивать до предела. Этот подход получил название мозговой осады, однако его применение существенно увеличивает затраты времени, а поиск по-прежнему ведется простым перебором вариантов.

Гармоничное чередование обеих составляющих позволяет генераторам работать эффективно. Внутреннее содержание происходящего процесса может быть представлено как выдвижение новой идеи, ломающей былое представление о рассматриваемой системе, ее ограничениях, возможностях. Затем следует «привыкание» к этой идее, обдумываются возможности ее применения, разносторонняя реализация заложенного в ней принципа. Важную роль в управлении этим процессом играет ведущий (именно он, контролируя происходящее, может и должен регулировать соотношение между новыми и развивающимися идеями).

Разновидности мозгового штурма. В процессе развития метод мозгового штурма приобрел несколько десятков вариантов, лучше подходящих для определенных условий проведения процесса или классов задач, частично устраняющих недостатки базового метода. Вот некоторые из них.

*Корабельный совет.* В этом методе, как и в классическом мозговом штурме, преследуется цель максимально использовать опыт, знания и фантазию участников совещания. Однако правила проведения этого совещания здесь более жесткие:

- высказываться по проблеме должны все;
- порядок и очередность выступлений устанавливает капитан – от юнги к капитану, т. е. от младшего к старшему;
- вопросы задает только капитан; участники совещания могут критиковать и защищать идеи только по команде капитана;
- все участники совещания должны критиковать, а затем и защищать идеи, отобранные капитаном, в том числе и свои собственные;
- итоги работы совета подводит капитан.

Успех работы команды зависит от умения руководителя создать спокойную деловую и творческую обстановку, стимулирующую участников на активный поиск решения проблемы. Метод корабельного совета обычно используется в коллективе, не обладающем опытом и навыками проведения мозгового штурма. Тем не менее, этот метод оказывается достаточно эффективным при решении проблем в условиях дефицита времени и информации.

*Метод «Дельфи»* был разработан сотрудниками американской фирмы «Рэнд корпорейшен» О. Холмером, Т. Гордоном и другими для повышения эффективности работы экспертов.

Цель метода – получение согласованной информации высокой степени достоверности от группы экспертов, т. е. повышение степени достоверности коллективных экспертных оценок. При этом была устранена проблема большого разброса суждений независимо работающих экспертов, которые, получая «дельфийскую» возможность взаимодействовать, обмениваться мнениями в процессе работы, в то же время оставались защищенными от оценок, навязанных авторитетом коллег.

Для этого прямые дискуссии экспертов заменяются индивидуальными опросами, проходящими по определенной программе в несколько этапов:

- формирование постоянной рабочей группы, обеспечивающей сбор и обобщение мнений экспертов;
- выбор необходимого для исследования количества и состава экспертов;
- составление анкеты, в которой указываются основной и вспомогательный вопросы, условия проведения экспертизы;
- проведение опросов экспертов согласно определенной методике;
- обобщение экспертных заключений и выдача рекомендаций по исследуемой проблеме.

Вопросы формулируются так, чтобы ответы давались в количественной форме. Собранные ответы подвергаются статистической об-

работке. Полученные обобщенные ответы рассылаются каждому эксперту с просьбой пересмотреть и уточнить свое заключение, если он сочтет необходимым. Эта процедура должна повторяться несколько раз. Основные этапы опроса экспертов:

– уточнение объекта опроса (модель объекта, список параметров модели, формулировка вопросов, состав группы экспертов) и получение новых мнений, рекомендаций, путей нового подхода к решаемой проблеме. На данном этапе используются вопросы открытого типа (качественные). Цель данного этапа – собрать всю объективную информацию об исследуемом объекте, процессе либо ситуации и выделить наиболее существенные характеристики и ограничения;

– вероятностная оценка рабочей модели, ее характеристика, факторы, влияющие на нее и т. п. На этом этапе от эксперта получают всю информацию, необходимую для выработки решения, но эта информация в ряде случаев не может быть использована из-за несогласованности экспертных оценок;

– согласование оценок экспертов. Этот этап может повторяться несколько раз, пока не будет достигнута достаточная согласованность мнений.

После каждого этапа производится сбор, статистическая обработка и анализ результатов. Затем находят медиану и размах результатов. Этот интервал содержит 50% всех оценок; он не включает в себя 25% самых высоких и 25% самых низких оценок (такой тип деления шкалы называется делением с помощью квартилей).

Перед каждым последующим этапом экспертов информируют о результатах предыдущего и в случае выхода их оценок за величину принятого размаха предлагают анонимно обосновать свое мнение. С полученными данными знакомят всех экспертов и предлагают им пересмотреть, а при необходимости и исправить предыдущие ответы.

Результаты опроса обрабатываются и вновь доводятся до сведения всей группы экспертов с последующим пересмотром оценок. На практике достаточно, как правило, трех этапов для получения хорошо согласованных оценок экспертов.

*Обратный мозговой шторм* ведется для выявления недостатков объекта, которые нужно подчеркнуть, например, у продукции конкурента, или исправить в собственной. Это метод уничтожающей критики, и при генерации идей запрещается искать сильные стороны объекта. В остальном правила совпадают с применяемыми в классическом варианте метода.

Хорошие результаты дает метод *двойного мозгового штурма*. Участникам сессии рассылают письменные приглашения с указанием цели мозгового штурма и разъяснением их роли в решении поставленной задачи. К приглашениям прилагают правила проведения сессии. В сессии участвуют обычно 30–40 человек, ее продолжительность 2,5–3 часа, включая 30–45-минутный перерыв. На первом этапе штурма ставят творческое задание и проводят генерирование идей, которые пока не оценивают.

В перерыве, являющемся составной частью сессии, идеи обсуждаются и уточняются. Таким образом, происходит генерирование новых идей. После перерыва, на втором этапе мозгового штурма, генерирование идей продолжают, но уже с учетом критики, информации, полученной в перерыве. Большое количество участников требует строгой регламентации выступлений по порядку и времени. После сессии идеи оценивают эксперты.

Существует и ряд письменных вариантов мозгового штурма. Они получили общее название «брейнрайтинг». В простейшем случае применяют карточки, выдаваемые всем экспертам. На эти карточки эксперты заносят собственные высказывания и реплики.

Однако более эффективен *метод 6-3-5*, предложенный в 1968 г. немецким профессором Берндом Рорбахом<sup>5</sup>. Согласно его методике приглашают шесть экспертов (цифра 6 в наименовании метода), каждому из которых выдается специальная карточка, в которую они заносят три (3 в наименовании) своих предложения по решению предложенной проблемы. Затем карточки передаются другим экспертам, каждый из которых вписывает до трех идей, развивающих ранее указанные на данной карточке предложения. Очевидно, чтобы замкнуть круг, нужно сделать пять этапов таких передач карточек. Несложно оценить суммарное количество сделанных предложений. Метод привлекателен и возможностью привлечения удаленных экспертов с помощью современных электронных средств связи.

Метод имеет множество модификаций. Например, Ли Томпсон использует брейнрайтинг, придерживаясь трех основных принципов.

1) Каждый пишет только одно предложение: в течение 5 минут во время совещания участники записывают по одной идее на небольшой карточке. Ли Томпсон предпочитает маленькие карточки, размером не более 3×5 см или даже меньше. Если карточка имеет размер хотя бы

---

<sup>5</sup>Rohrbach, Bernd KreativnachRegeln – Methode 635, Eine neue Technik zum Lösen von Problemen / Bernd Rohrbach. – Absatzwirtschaft, 1969. – V. 12. – P. 73–75.

4×6 см, люди начинают писать пространно, абзацами. А нужна краткость и ясность.

2) Важна идея, а не ее автор: карточки заполняются анонимно и затем прикрепляются к стене, чтобы вся группа могла их видеть. Отсутствие подписей повышает объективность оценки идей.

3) «Слепое» голосование: каждый участник группы голосует за идею, которая вызвала у него наибольший интерес. Баллы проставляются с помощью стикеров. При этом каждому выдается ограниченное количество стикеров. Если процесс организован правильно, то лучшие идеи проявляются очень быстро.

Таким способом устанавливается меритократия (власть достойных) идей. Людям не приходится голосовать за идею просто потому, что она принадлежит начальнику. Устраняется любая возможность цензуры.

Брейнрайтинг – простой в использовании метод, практически не требующий подготовки. В отличие от классического мозгового штурма он позволяет высказываться «молчунам». Однако качество ответов сильно зависит от правильности формулировки вопроса, поскольку вмешательство модератора группы здесь невозможно.

Брейнрайтинг особенно рекомендуется при наличии множества отдельных проблем в условиях ограниченности времени.

*Условия применения метода мозгового штурма.* Мозговой штурм может быть использован при решении широкого круга задач. Решение о применении метода принимают с учетом двух составляющих: класса задачи и наличия специалистов, обученных методам поиска.

Универсальность метода обратно пропорциональна его эффективности. Поэтому применять мозговой штурм для решения задач поиска оптимальной конфигурации объекта или устранения конкретных противоречий развития технических систем, как правило, нецелесообразно. Это приходится, однако, делать при отсутствии в группе решающих задачу специалистов, знакомых с какими-либо методами поиска.

Поэтому основная область применения метода мозгового штурма – поиск решений в недостаточно исследованной области, выявление новых направлений решения проблемы. Метод рекомендуется использовать также для поиска новых сфер применения уже существующего изделия или материалов, а также с целью выявления недостатков существующего изделия.

*Вопросы для самопроверки*

1. Кто является автором метода мозгового штурма?
2. Что такое брейнрайтинг?



3. Назовите основные модернизации метода мозгового штурма.
4. Как подготовить сессию мозгового штурма?
5. Как провести сессию мозгового штурма?

#### 4.4. Синектика

Синектика является дальнейшим развитием мозгового штурма. Она предложена американским изобретателем и исследователем методологии творчества Вильямом Дж. Гордоном<sup>6</sup>. Работы в этом направлении он начал в 1944 г., анализируя деятельность одной изобретательской группы, а в 50-х гг. он разработал свою методику.

В 1960 г. В. Дж. Гордон совместно с Дж. Принсом организовал фирму «Синектикс Инкорпорейтед» (Synectics Inc.), которая берет на обучение группы специалистов из различных фирм и посылает в них своих сотрудников для участия в решении технических, организационных и иных проблем ([www.synectics.com](http://www.synectics.com)). Подготовка первых групп проходила в процессе работы начинающих синекторов с более опытными и требовала нескольких месяцев. Затем было специально организовано обучение в фирме «Синектикс Инкорпорейтед», и к 1970 г. было выпущено более 2000 специалистов.

Нередко конечное решение кажется столь естественным, что трудно отделаться от впечатления, будто бы его можно было получить и без хитроумных процедур синектики. Однако услугами «Синектикс Инкорпорейтед» постоянно пользуются многие фирмы США: «Дженерал Электрик», «ИВМ», «Зингер».

Обучение синектической группы стоит от 20 до 200 тысяч долларов. У нас в стране синектика не получила большого распространения, отсутствуют методические и учебные разработки.

Слово «синектика» в переводе с греческого означает «совмещение разнородных элементов». В полном словаре английского языка дано такое определение: «Синектические группы – группы людей различных специальностей, которые встречаются с целью попытки творческого решения проблем путем неограниченной тренировки воображения и объединения несовместимых элементов».

При использовании синектики обычно формируют постоянные группы (оптимальный состав 5–7 человек) людей различных специальностей, которых обучают творческим приемам. Желательно, чтобы каждый имел несколько различных профессий. Важно, чтобы люди были и разного темперамента. Возможно приглашение допол-

---

<sup>6</sup>Gordon, W. J. J. *Sinectics: The Development of Creative Capacity* / W. J. J. Gordon. – New York: Harper and row, 1961. –180 p.

нительных специалистов по непредставленным в основной группе направлениям.

Процесс формирования группы синекторов включает в себя три фазы: сначала – отбор членов группы. Используются специальные тесты, обращается внимание на наличие разнообразных знаний, общую эрудицию, достаточный уровень образования, опыт экспериментальной деятельности и гибкость мышления.

Синекторами выбирают людей разных профессий и желательно с наличием двух несовместимых специальностей, например врач-физик, экономист-инженер или музыкант-химик. К обязательным качествам синектора относят умение абстрагироваться, мысленно отделяться от предмета обсуждения; богатая фантазия; способность переключаться, отходить от навязчивых идей; привычка находить необычное в обычном и в необычном обычное; ассоциативное мышление; терпимое отношение к идеям, высказанным коллегами; эрудиция, широкий кругозор. Затем проводится обучение отобранных лиц.

В США, где синектика наиболее востребована, подготовка синектических групп длится около года и состоит из очных и заочных сессий. Первые проводятся в учебных центрах, а дальше обучаемые проходят практику в своих компаниях, решая теоретические и реальные задачи. На заключительной фазе группы внедряются в реальную среду. Фирма, отдавшая своих специалистов на обучение или заказавшая готовый коллектив, получает его для работы над собственными проектами.

Теоретической основой синектики стали утверждения, что творческий процесс может быть рационально организован, творческие процессы отдельного лица и коллектива аналогичны, но в последнем случае проявляется синергизм; иррациональный момент в творчестве важнее рационального; в латентном (скрытом) состоянии находится очень много творческих способностей, которые можно выявлять и стимулировать.

Алгоритм синектической сессии представляет собой последовательность этапов от постановки задачи до выбора альтернатив для представления ЛПР.

#### *Этап 1. Формулировка проблемы в общем виде*

Особенностью этого этапа является то, что в ряде случаев никого из синекторов, кроме руководителя сессии, не посвящают в конкретные условия проблемы, поскольку считается, что преждевременное четкое формулирование задачи затрудняет абстрагирование, уход от привычного хода мышления. Однако допускается и прямая постановка задачи, сформулированной заказчиком.

### *Этап 2. Начальная фаза анализа проблемы*

Этот этап проводят совместно с экспертом. Ищут возможности превратить незнакомую и непривычную проблему в некоторые привычные. Каждый участник, включая эксперта, обязан найти и оригинально сформулировать одну цель решения. После объяснения сути проблемы и целей членам синектической группы дается возможность сформулировать ее так, как они ее понимают. Выявляются привычные направления, по которым можно было бы осуществить поиск решения. В большинстве случаев этот этап означает декомпозицию проблемы. Одну из наиболее удачных формулировок выбирает эксперт или руководитель.

Этот этап синекторы называют формулировкой «проблемы как ее понимают» (ПКП).

На этом этапе производится генерирование идей подобно тому, как это делается в мозговом штурме. Однако критика не запрещена. Обычно предлагаемые на этом этапе решения отменяются как неэффективные и тривиальные.

*Этап 3. Генерирование идей для решений проблемы в той ее формулировке, на которой остановлен выбор на этапе 2*

Для этого начинают экскурсию по различным областям техники, живой природы, политики, психологии, религии и т. п. с целью выявления того, как подобные (аналогичные) проблемы могли бы быть решены в этих далеких областях. Основная цель экскурсии – найти новую точку зрения на рассматриваемую проблему. Такой подход позволяет мысли уйти далеко в сторону от обсуждаемой темы и способствует активизации творческого мышления.

В процессе нахождения таких примеров синекторы используют четыре вида аналогий: прямую, личную, символическую, фантастическую.

При *прямой аналогии* исследуемый технический объект сопоставляется с похожими объектами из других областей техники или живой природы. Например, нужно увеличить скорость движения подводной лодки. Такое увеличение возможно за счет снижения силы сопротивления воде. Обратимся к обитателям морей. Перебирая их, остановимся на дельфине, кожа которого обладает малым сопротивлением. Изучив форму и структуру кожного покрова дельфина, в Питсбургском университете выложили искусственной «дельфиньей кожей» внутреннюю поверхность трубы системы водоснабжения. Это позволило снизить давление при прохождении жидкости по трубе на 35%. Аналогично можно обтянуть и корпус подводной лодки.

Хорошо известен пример прямой аналогии – висячий мост. Автор многочисленных висячих мостов Брандт впервые сконструировал мост без опор, установленных на дне реки, наблюдая тонкие паутинки в период бабьего лета.

Братья Монгольфье, находясь на высокой горе в жаркий день, наблюдали за поднятием вверх водяных паров, образующих туман. Это легло в основу воздухоплавания. Нагретые пары в тонкой оболочке с корзиной – простейший воздушный шар. Развивая дальше мысль, заменяем пары нагретым воздухом. И можно взлетать.

Прямые аналогии можно разделить на следующие подвиды: функциональную, структурную, внешнего вида.

Пример функциональной аналогии – задача по созданию прибора, предсказывающего шторм. Остановились на медузе. Она определяет приближение шторма за 12 часов, т. к. очень чувствительна к инфразвуковым волнам частотой 8–13 Гц – в диапазоне частот колебаний, характерном для приближающегося шторма. Такой прибор был легко создан.

Чтобы использовать функциональную аналогию, надо вначале определить, какие функции должен выполнять объект, а затем искать подобное в окружающем мире. Наилучшее поле действия представляется в ботанике, зоологии, геологии, где эволюция отобрала лучшие решения. Симбиоз биологии и техники привел к формированию новой науки – бионики.

Структурную аналогию применяют, когда надо создать объект определенной структуры. Опять обращаются к окружающему миру и отыскивают сходную структуру. Телебашни, радиаторы, зонты от дождя, многие инструменты унаследовали от флоры и фауны сходные элементы структур.

Аналогии по внешнему виду используют, когда создаваемый объект должен по внешнему виду напоминать уже известный. Примерами могут служить искусственные драгоценности, плиты из ДСП, покрытые пленкой под дерево или мрамор и пр.

Химик А. Кекуле, открыв формулу бензола, сказал, что ее форму подсказали обезьяны в клетке, где животные бегали и хватали друг друга лапами, причем хвосты оставались свободными. Когда, сцепившись, обезьяны образовали кольцо, Кекуле представил обезьян атомами углерода, а хвосты – водорода. Так родилась кольцевая формула бензола.

Работая над созданием периодического закона, Д. И. Менделеев перебирал карточки, на которых были нанесены символы химических

элементов и их известные на тот момент свойства по аналогии с карточными пасьянсами.

Швейцарец Жорж Деместрель придумал застежку «липучку» после того, как каждый раз после прогулки вытаскивал колючие плоды репейников из густой шерсти своей собаки.

Одним из оригинальных изобретений нашего столетия стал складной парашют. Его автор Г. Е. Котельников был актером драматического театра, но, имея техническое образование, интересовался авиацией. Все изобретатели парашюта шли в то время по одному пути: они располагали парашют в фюзеляже аэроплана и пытались создать надежную систему, способную раскрыть его до того, как пилот покинет кабину. Случай помог Г. Е. Котельникову. Однажды он увидел, как знакомая актриса вынула из маленькой сумочки большую восточную шаль из очень тонкого, но плотного шелка. Проведя аналогию (структурную и внешнего вида), Котельников пришел к выводу, что парашют должен быть складным, а изготавливать его следует не из прорезиненного брезента, а из легкого шелка.

На самолете С. И. Уточкина однажды во время полета вышло из строя магнето. Летчик чудом спасся. Наблюдавший за этим мальчик (впоследствии известный конструктор академик А. А. Микулин) очень расстроился увиденным. По дороге домой мысль об аварии не покидала его. Увидев человека, идущего навстречу, Микулин обратил внимание, что у того нет глаза. Если с одним глазом можно ориентироваться в пространстве, то аналогично и самолет будет продолжать полет при наличии дублера магнето, вышедшего из строя. Решение проблемы было найдено: обезопасить полет можно, поставив на самолет второе магнето.

Метод дублирования систем приобрел впоследствии широкое распространение в различных областях техники.

Автомобильный магнат Г. Форд заимствовал идею конвейера по сборке автомобилей из технологии разделки свиных туш. Посетив одну из чикагских боен, он обратил внимание на строгую последовательность операций, которую и перенес на производство автомобилей.

Пользоваться прямой аналогией может каждый. Но, чтобы быстро отыскать нужное, следует тренировать свое воображение и обладать определенным запасом знаний из разных областей науки и техники.

*Личная аналогия* (эмпатия, субъективная аналогия) заключается в отождествлении себя с исследуемым объектом. Как актер вживается в

роль и живет чувствами, мыслями своего героя, так синектор пытается мысленно слиться с предметом. Глядя изнутри объекта, нужно увидеть недостатки и найти пути их устранения. Группа синекторов, например, успешно справилась со следующей задачей.

На кондитерской фабрике используются грецкие орехи. Требовалось найти способ очистки орехов от скорлупы, в котором была бы исключена возможность деформации ядер. Ход рассуждений был такой. Представляем себя ядром. Перечисляем свои ощущения. Внутри ореха мало свободного места, темно. Не годятся какие-либо воздействия извне, но можно просверлить отверстие и нагнетать туда воздух. Или загрузить орехи в емкость, закрыть герметично и медленно повышать давление. Затем давление резко сбросить. Скорлупа разорвется.

Эмпатия может иногда действовать негативно, отодвигаться на второй план более сильными ментальными посылами, не достигая в должной мере, что требует применить иной инструмент. На выпускном экзамене в летном училище в Австралии произошел курьез. Экзаменующимся надо было представить себя пилотом двухместного самолета, который везет на своем борту Королеву Великобритании. На крутом вираже Королева выпадает из самолета. От испытуемых требовалось указать необходимые действия. Правильного ответа комиссия не услышала, т. к. слишком велико было желание спасти Королеву. А летчику просто следовало выровнять самолет после потери груза. Авторитет Королевы оказался сильнее эмпатии.

Для развития эмпатии целесообразно последовательно использовать три приема: а) описание воображаемого положения технического объекта от первого лица; б) описание эмоций и чувств, приписываемых объекту, от первого лица; в) отождествление себя с объектом, вживание в его цели, функции, трудности. Только после этого следует начинать искать решения, которые подсказывает собственное тело, усиливая при необходимости те или иные качества и возможности организма.

*Символическая аналогия* – некоторая обобщенная, абстрактная аналогия. Это аналогия-метафора, своеобразный образ объекта, раскрывающий его свойства.

В настоящее время в синектике применяется только одна форма – словесная: требуется в парадоксальной форме сформулировать (буквально в двух словах) фразу, отражающую суть явления. Она должна выражать связь между словами, которые обычно никак друг

с другом не сопоставляются, и содержать в себе нечто неожиданное, удивительное. Такой прием получил наименование «название книги», которое характеризует ключевое понятие так, чтобы оно обязательно содержало парадокс.

Примеры таких названий книг для обозначения объектов и процессов приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Символическая аналогия с использованием приема «название книги»**

Ключевое слово	Сущность ключевого слова (название книги)
Мрамор	Радужное постоянство
Храповой механизм	Надежная прерывистость
Вязкость	Нерешительное видоизменение
Раствор	Взвешенная неразбериха
Множество	Благоразумная ограниченность
Восприимчивость	Непроизвольная готовность
Пулеметная очередь	Объединенные перерывы
Пламя	Видимая теплота
Книга	Молчаливый рассказчик
Шлифовальный круг	Точная шероховатость
Дерево	Гибкая твердость

*Фантастическая аналогия* заключается введением в решаемую задачу фантастических условий. Мысленно вводим какие-нибудь необычные существа (гномов, дрессированных животных, инопланетян) или сверхъестественные процессы (отменим земное притяжение, изменим ускорение свободного падения и пр.).

При составлении такой аналогии можно выдумать любые несуществующие физические законы, использовать нереальные вещи из сказок (сапоги-скороходы, скатерть-самобранка, ковер-самолет). Найдя фантастическое решение, посмотрим, что мешает применять его в обычных условиях и постараемся устранить эту помеху.

Задолго до появления синектики английский физик К. Максвелл использовал в научных рассуждениях «демона», на которого возлагались функции чего-то необычного. Задача в этом случае сводилась к тому, чтобы придумать замену сверхъестественному существу и устранить нежелательные действия. Термин «демон Максвелла» применяют в термодинамике и сейчас.

При разработке новой застежки для космического скафандра в группе синекторов, которым поручили решить проблему, сначала ро-

дидась фантастическая идея использовать для этой цели два ряда насекомых, которые цепляются лапками и застегивают скафандр. В развитие этой идеи было предложено вместо насекомых взять две длинные пружины, витки которых соединялись бы друг за друга. Если в образовавшееся сцепление вставить проволоку, которая не даст им разойтись. Получится оригинальная и надежная застежка.

Девизом к применению фантастической аналогии могут служить слова Жюль Верна: «Все, что человек способен представить в своем воображении, другие сумеют претворить в жизнь». И если посмотреть на количество идей, высказанных писателями-фантастами, то многие из них стали реальностью нашего дня (табл. 4).

Таблица 4

Судьба фантастических идей<sup>7</sup>

Авторы научно-фантастических произведений	Общее количество идей	Судьба фантастических идей		
		Осуществились или должны осуществиться в ближайшее время, %	Подтвердилась принципиальная сущность, %	Оказались невозможными в осуществлении, %
Жюль Верн	108	59	32	9
Герберт Уэллс	86	66	23	11
А. Беляев	50	42	52	6

В романе Ж. Верна «Двадцать тысяч лье под водой» была выдвинута идея двойного корпуса подводной лодки, а почти через четверть века французский ученый Лебеф получил патент на двойной корпус судна.

Ю. Н. Денисюк, белорусский физик, создавший цветную голографию, говорил, что толчком к изобретению явился рассказ И. А. Ефремова «Тени минувшего».

Аналогии входят в число так называемых *триггеров*<sup>8</sup> – приемов переключения сознания на определенный вид действий. По сути, в синектике триггеры представляют собой стандартные приемы, с помощью которых можно эффективно генерировать альтернативы. Вместе с аналогиями в настоящее время насчитывают 23 триггера, приведенных в табл. 5.

<sup>7</sup>Пархоменко, В. П. Основы рационализаторской и изобретательской работы: учеб. пособие для вузов / В. П. Пархоменко. – Минск: Вышэйшая школа, 1984. – 176 с.

<sup>8</sup>В психологии под триггером часто понимают событие, вызывающее определенную реакцию, психологические переключатели, которые можно активировать или дезактивировать. В английском языке слово trigger имеет также значения защелка, спусковой крючок. В электронике и вычислительной технике под триггером понимается устройство с двумя устойчивыми состояниями, например, «0» и «1».



*Этап 4. Перенос (или перемещение) обнаруженных в процессе генерации новых идей к ПКД или ПКП и выявление их возможностей*

Ведущий заканчивает этап, возвращая группу к рассматриваемой задаче, и пытается связать полученный материал с проблемой. Отдельные слова, возникшие в процессе обсуждения, используются, чтобы вызвать новые точки зрения на проблему, способствующие успешному ее разрешению. Важным элементом этой стадии является критическая оценка экспертов.

Таблица 5

**Применяемые в синектике триггеры**

1. Вычитание	12. Маскировка
2. Добавление	13. Противопоставление
3. Перенос	14. Пародия
4. Эмпатия (сочувствие, сопереживание)	15. Увиливание
5. Оживление объекта	16. Аналогии
6. Суперпозиция (наложение)	17. Гибридизация
7. Изменение масштаба	18. Метаморфозы
8. Замещение	19. Символизм
9. Фрагментация (декомпозиция)	20. Мифология
10. Изоляция	21. Фантазии
11. Искажение	22. Повторение
	23. Комбинирование

Если полученный взгляд на решение проблемы оказывается практически не реализуемым, можно повторить весь процесс для разбора других идей.

Этап 5. Заключительная часть синектической сессии – развитие и максимальная конкретизация наиболее удачной идеи – ведется уже на специальном техническом языке.

Синектические сессии, продолжающиеся обычно несколько часов, занимают лишь малую часть времени решения задачи. Остальное время синекторы посвящают инженерному анализу, изучают и обсуждают полученные результаты, консультируются, экспериментируют. Когда решение созрело, ищут наилучшие способы реализации.

Большое значение придается обязательной записи материалов сессии.

У. Дж. Гордон использовал эту стратегию для компании Kellogg, производящей сухие завтраки и приступившей к выпуску картофельных чипсов. Перед компанией стояла задача создать новые картофельные чипсы и упаковку, которая будет более эффективна и не потребует заполнять пакет таким количеством воздуха, которое превышает объем самих чипсов. Парадокс состоял в том, что чипсы должны быть упакованы более компактно и при этом не ломаться. «Название книги», которое выражает суть этого парадокса, было «Компактная неразрушаемость».

В качестве аналогии они выбрали укладку опавших листьев в мешок осенью. Когда вы пытаетесь засунуть сухие листья в полиэтиленовый пакет, вы сталкиваетесь с определенными трудностями. Но когда листья сырые (уникальная особенность), они мягкие и легко изменяют форму. Влажный лист принимает форму соседнего листа, оставляя лишь немного воздуха между ними. Смачивание и формовка сухой картофельной муки позволило решить проблему с упаковкой, и это дало начало чипсам Pringles, которые выпускаются по всему миру и сейчас.

Другой пример касается литейного завода, где производили пескоструйную очистку кованных металлических деталей. Для очистки деталей они использовали песок, но он попадал в полости, и, чтобы убрать его оттуда, требовалось много времени и денег. Парадокс состоит в том, что для очистки деталей частицы должны быть твердыми и в то же самое время не твердыми, чтобы их было легко удалить. Для описания сущности проблемы было использовано «название книги» «Исчезающая твердость». Это навело на мысль о льде как аналогии (твердые частицы, исчезающие при таянии). Решением проблемы стало производство частиц из сухого льда. Твердые частицы будут очищать детали и затем превращаться в газ и испаряться»<sup>9</sup>.

Отличия синектики от мозгового штурма:

- в синектике разрешена критика;
- анализ проблемы в синектике осуществляет более или менее постоянная группа специалистов, в которой люди хорошо понимают друг друга, привыкли к совместной работе и не обижаются на критику. Синектическая группа проходит специальную подготовку;
- высокий уровень специализации синекторов, появление «профессиональных генераторов» идей. В этом смысле мозговой штурм

---

<sup>9</sup>Микалко, М. Игры для разума. Тренинг креативного мышления / М. Микалко. – СПб: Питер, 2007. – С. 302.

можно рассматривать как коллективную самодеятельность, а синектику – как профессиональный ансамбль.

Синектика эффективна при использовании конкретных проблем, но не ориентирована на использование объективных закономерностей развития систем. Ее алгоритм не гарантирует нахождения решения и его оптимальности.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Кто является автором синектики?
2. Какова последовательность действий синектического алгоритма?
3. Как подготовить синектическую сессию?
4. Назовите основные аналогии.
5. Назовите основные триггеры.

#### *Задания для самостоятельного решения*

1. Подберите примеры изобретений, сделанных на основе прямой аналогии с природой. Слово-аналог должно начинаться с той же буквы (+/- 2 позиции), что и Ваша фамилия. Область аналогии определите по табл. 6, в левой колонке которой указаны последние цифры номера зачетной книжки.

Таблица 6

#### **Области аналогии для выполнения самостоятельной работы**

Шифры	Область аналогии	Шифры	Область аналогии
0	Хищники	5	Растения
1	Травоядные	6	Насекомые
2	Пресмыкающиеся	7	Рыбы
3	Морские животные	8	Природные явления
4	Птицы	9	Объекты неживой природы

2. Придумайте задачу на применение личной аналогии с неодушевленным предметом, начинающимся на ту же букву, что и Ваша фамилия.

#### **4.5. Морфологический анализ**

Метод применительно к техническим системам и поиску закономерностей в природе впервые был предложен швейцарским астрофизиком Фрицем Цвикки, который в 1969 г. опубликовал работу «Discovery, Invention, Research through the Morphological Approach»<sup>10</sup>, где подвел итоги многолетней работы над собственным методом, ко-

<sup>10</sup>Zwicky, Fritz. Discovery, Invention, Research through the morphological approach / F. Zwicky. – Toronto: The Macmillan Company, 1969. – 276 p.

торый он назвал морфологическим подходом и который он успешно применял при изучении самых различных систем, получив при этом и открытия, и изобретения, и впечатляющие результаты исследований в разных областях науки. В этой книге Ф. Цвикки писал: «Цель морфологического исследования – увидеть перспективу полного «поля знаний» о предмете. Это может быть поле материальных объектов, поле явлений или поле отношений, концепций, идей или теорий».

В действительности морфологический подход Цвикки состоит из трех методов, которые для достижения наибольшей эффективности следует применять последовательно. Это методы отрицания и конструирования, систематического покрытия поля и, наконец, морфологического ящика, который иногда называют ящиком идей или возможностей.

*Метод отрицания и конструирования.* В основу метода положен принцип: «Любое утверждение, сформулированное в конечных и полностью определенных терминах, не может быть абсолютно верным». Иными словами, любое правило, любой закон, любое условие можно и должно подвергать сомнению, поскольку они имеют ограниченную область действия. Названный принцип подтверждается всем ходом истории науки: даже основополагающие ее постулаты, претендующие в момент становления на абсолютную всеобщность, в конце концов, переходят в ранг частного утверждения, справедливого в определенной области, уступая место очередному «всеобщему» закону. Так было с ньютоновской механикой до появления теории относительности, законами излучения черного тела до создания квантовой механики, неделимостью атома до открытия радиоактивности и пр.

На первой стадии этого метода выявляют и перечисляют признаки исследуемого объекта (природная, техническая или социальная система, любой другой объект любой природы и элементного состава, реальный или воображаемый), его характеристики, свойства или иные атрибуты, существенные для выполнения его главной полезной функции – цели объекта как системы. Иногда такой признак оказывается единственным. Затем критически рассматривают роль и возможности выявленных атрибутов, связи между элементами системы, особенно традиционные, общепринятые, подвергая сомнению их оптимальность, правильность и вообще необходимость. Вспоминают о последних открытиях в области материалов, информационных систем и т. п. В какой-то момент сомнения становятся достаточно обоснованными, хотя бы на уровне интуиции, что дает возможность перейти к заключительному этапу, на котором конструируют (сначала мысленно,

а при удачном завершении мысленного конструирования – и в натуре) новый объект с замененной характеристикой. Остальные характеристики, не связанные с замененной, оставляют теми же, что и в исходном объекте.

Если получен неудовлетворительный результат, продолжают анализ системы до получения понимания возможности проведения в ней следующей замены.

*Метод систематического покрытия поля.* Метод отрицания и конструирования в большей степени ориентирован на создание новых технических объектов, т. е. представляет собой изобретательскую деятельность. Метод систематического покрытия поля – это метод науки, исследования, который стоит в центре морфологического анализа.

Представим себе поле знаний о предмете в виде некоторого множества  $A$  (на рис. 7 слева), включающего в себя подмножества основных законов, управляющих анализируемым объектом (черные точки) и следствий из них (серые области). Подмножества следствий могут перекрываться (темно-серые области). Между ними остаются белые пятна, о которых мы узнаем, к сожалению, только после обнаружения новых данных об объекте, попадающих как раз в белые зоны.

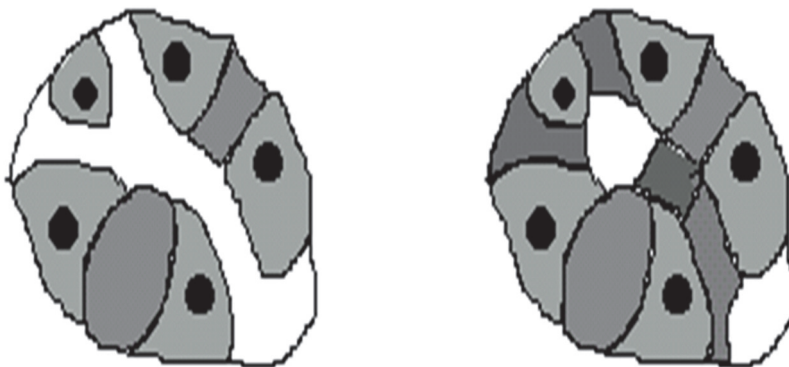


Рис. 7. Поле знаний

Метод рекомендует последовательно экстраполировать имеющиеся знания в неизученные (или изученные с одной только точки зрения) участки поля, стараясь перекрыть его полностью, т. е. с одной стороны, найти ответы на все вопросы, возникающие по отношению к исследуемому объекту, а, с другой стороны, мысленно построить все ситуации и следствия, вытекающие из уже имеющихся знаний. Впо-

следствии этим следствиям и ситуациям надо найти соответствие в реальном мире. Действуя таким способом, можно ожидать, что ничто не будет упущено из поля зрения.

На рисунке справа показан результат таких действий: серых полей стало больше, а белых – меньше. Именно теперь появляется вероятность сделать открытие, обнаружив в оставшемся белом пятне новое свойство, явление, закономерность.

Этот способ Ф. Цвикки использовал в астрофизике в течение нескольких десятилетий для выявления, поиска и предсказания новых космических объектов и явлений. Используя всего пять основных положений астрофизики, он предсказал и обнаружил карликовые галактики, компактные галактики всех типов (от голубых до инфракрасных) и кластеры компактных галактик. По его предсказанию были открыты нейтронные звезды. Из несбывшихся к моменту выхода в свет его книги (1969 г.) предсказаний остались компактные галактики, насыщенные нейтронными звездами, световые космические шары, а также световые шары, напичканные нейтронными звездами. Не открыты они и до сих пор, но идеи Ф. Цвикки и не опровергнуты.

*Метод морфологического ящика.* Наиболее серьезные достижения Ф. Цвикки относятся к двум рассмотренным выше методам, но наибольшую известность получил метод морфологического ящика (ММЯ), который часто «узурпирует» и общее название «морфологический анализ».

Схему ММЯ нельзя применять без раздумья, без прохождения предварительного применения двух описанных выше методов, иначе не следует надеяться на хороший результат. Именно такое неподготовленное применение ящика вызвало в свое время много незаслуженной критики в адрес Ф. Цвикки. По сути, такие неудачники применяли *фантограммы*, которые являются всего лишь списками высокой упорядоченности.

Этапы ММЯ по Цвикки:

- 1) точно сформулировать проблему, подлежащую решению;
- 2) выявить и охарактеризовать все параметры, которые могли бы войти в решение заданной проблемы;
- 3) сконструировать морфологический ящик или многомерную матрицу, содержащую все решения заданной проблемы;
- 4) все решения, содержащиеся в морфологическом ящике, внимательно проанализировать и оценить с точки зрения целей, которые должны быть достигнуты;

5) выбрать и реализовать наилучшие решения (при условии наличия необходимых средств). Этот этап практической реализации требует дополнительного морфологического исследования.

Очевидно, матрицы высокого ранга, а тем более многомерные конструкции, очень сложны для анализа, а перебор вариантов возвращает нас к простейшему методу проб и ошибок. Поэтому, с одной стороны, если ограничиться только известными вариантами реализации признаков объекта, то вряд ли получится что-нибудь принципиально новое. С другой стороны, введение в ящик большого числа неожиданных вариантов утяжеляет процесс выбора. В идеальном случае каждый вариант следует рассматривать лишь как намек, символ нужного решения, которое надо еще поискать, используя ассоциации, аналогии и другие креативные инструменты.

Рассмотрим процесс конструирования печки для дачи (табл. 7). В качестве основных характеристик выберем материал корпуса, материал трубы и пожарную безопасность.

Таблица 7

**Морфологический ящик «Печка для дачи»**

Характеристика	Вариант исполнения				
	Материал корпуса	Дерево <sup>11</sup>	Вода <sup>12</sup>	Нет корпуса	*)
Материал трубы	Трубочки для коктейля	Вода	Нет трубы		
Средства пожарной безопасности	Крылья бабочки	Воздух	Удаление		

Рассмотрим вариант, образовавшийся в третьей колонке. Очевидно, мы «изобрели» костер на участке, расположенный на безопасном расстоянии от горючих объектов. Дачный домик не обогреешь, хотя в древности топили «по-черному», но для барбекю вполне сойдет.

Таким образом, ММЯ может приводить к известным решениям проблемы, может решить совершенно другую задачу, но может и дать именно то, ради чего он создавался – неожиданное сильное решение.

*Вопросы для самопроверки*

1. Кто является автором морфологического анализа для решения проблем?

<sup>11</sup>Постройте печку с признаками, содержащимися в этой колонке. Используйте полезные для печки свойства, применяйте необычные «варианты исполнения вариантов».

<sup>12</sup>Постройте печку из воды. Вода должна чем-то нагреваться. Она может в чем-то находиться. А может быть это не совсем вода.

\*)Придумайте сами варианты.

2. В чем заключается метод отрицания и конструирования?
3. В чем заключается метод систематического покрытия поля?
4. Как построить морфологический ящик?
5. Чем отличается морфологический ящик от фантаграммы?

#### **4.6. Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)**

Теория решения изобретательских задач появилась в 60-х гг. XX в. в СССР. Основатель ее Г. С. Альтшуллер – писатель-фантаст, инженер, изобретатель – декларировал эту теорию как альтернативу малоэффективным методам активизации перебора вариантов, позволяющую «превратить процесс решения изобретательских задач в точную науку».

ТРИЗ представляет собой набор методов, объединенных общим подходом и правилами их применения. ТРИЗ делает поиск идей более целенаправленным, продуктивным, способствует нахождению идеи более высокого изобретательского уровня. Для достижения этой цели ТРИЗ использует законы развития технических систем.

Основным инструментом ТРИЗ является алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), который представляет собой ряд последовательных логических шагов с целью выявления и разрешения противоречий, существующих в технической системе.

Кроме того, в ТРИЗ используется ряд иных инструментов. К ним относятся:

– таблица устранения технических противоречий, в которой противоречия представляются двумя конфликтующими параметрами. Эти параметры выбираются из списка. Для каждого сочетания параметров предлагается использовать несколько приемов устранения противоречия из числа 40 предлагаемых. Приемы сформулированы и классифицированы на основе статистических исследований изобретений. Стандарты решения задач. Сформулированы стандартные проблемные ситуации. Для разрешения этих ситуаций предлагаются типовые решения;

– вепольный (вещественно-полевой) анализ. Определены и классифицированы возможные варианты связей между компонентами технических систем. Выявлены закономерности и сформулированы принципы их преобразования для решения задачи. На основе вепольного анализа были расширены стандарты решения задач;

– указатель физических эффектов. Описаны наиболее распространенные для изобретательства физические эффекты и возможности их использования для решения изобретательских задач;



– методы развития творческого воображения. Используется ряд приемов и методов, позволяющих преодолеть инерционность мышления при решении творческих задач.

#### *Изобретательская ситуация и изобретательская задача*

Когда техническая проблема встает впервые, она обычно сформулирована расплывчато и не содержит в себе указаний на пути решения, создается *изобретательская ситуация*. В ней, как правило, много путей и методов решения. Перебирать их все трудоемко и дорого, а выбор наудачу приводит к малоэффективному *методу проб и ошибок*.

Поэтому первый шаг на пути к изобретению – переформулировать ситуацию так, чтобы сама формулировка задачи отсекала бесперспективные и неэффективные пути решения.

В качестве критерия наиболее высокой эффективности Г. Альтшуллер предложил достижение результата «само по себе», только за счет уже имеющихся ресурсов. Так он пришел к формулировке идеального конечного результата (ИКР): «Некий элемент (X-элемент) системы или окружающей среды сам устраняет вредное воздействие, сохраняя способность выполнять полезное воздействие». На практике ИКР редко достижим полностью, однако он служит ориентиром: чем ближе решение к ИКР, тем оно лучше.

Применение ИКР как инструмента отсекающего неэффективных решений. Можно переформулировать изобретательскую ситуацию в стандартную мини-задачу: «все должно остаться так, как было, но либо должно исчезнуть вредное, ненужное качество, либо появиться новое, полезное качество». Основная идея мини-задачи в том, чтобы избегать существенных (и дорогих) изменений и рассматривать в первую очередь простейшие решения.

В рамках мини-задачи необходимо начать с уточнения условий и возможностей, в частности, получить ответы на четыре вопроса:

1. Из каких частей состоит система, как они взаимодействуют?
2. Какие связи являются вредными, мешающими, какие – нейтральными, и какие – полезными?
3. Какие части и связи можно изменять, и какие – нельзя?
4. Какие изменения приводят к улучшению системы, и какие – к ухудшению?

После того, как мини-задача сформулирована и система проанализирована, быстро обнаруживается, что попытки изменений с целью улучшения одних параметров приводят к ухудшению других. Например, увеличение прочности крыла самолета ведет к увеличению его веса. В системе возникает конфликт, противоречие.

ТРИЗ выделяет три вида противоречий (в порядке возрастания сложности разрешения):

– административное противоречие: «надо улучшить систему, но я не знаю как (не умею, не имею права) сделать это». Это противоречие является самым слабым и может быть снято либо изучением дополнительных материалов, либо принятием административных решений;

– техническое противоречие: «улучшение одного параметра системы приводит к ухудшению другого параметра». Техническое противоречие – это и есть постановка изобретательской задачи. Переход от административного противоречия к техническому резко позволяет перейти от метода проб и ошибок к АРИЗ, который либо предлагает применить один или несколько стандартных технических приемов, либо (в случае сложных задач) указывает на одно или несколько физических противоречий;

– физическое противоречие: «для улучшения системы какая-то ее часть должна находиться в разных физических состояниях одновременно, что невозможно». Физическое противоречие является наиболее фундаментальным, потому что изобретатель упирается в ограничения, обусловленные законами природы. Для решения задачи надо воспользоваться справочником физических эффектов и таблицей их применения.

*Информационный фонд ТРИЗ* состоит из:

- приемов устранения противоречий и таблицы их применения;
- системы стандартов на решение изобретательских задач (типовые решения определенного класса задач);
- технологических эффектов (физических, химических, биологических, математических, в частности, наиболее разработанных из них в настоящее время – геометрических) и таблицы их использования;
- ресурсов природы и техники и способов их использования.

*Система приемов*

Анализ десятков тысяч изобретений позволил выявить, что при всем многообразии технических противоречий большинство из них решается 40 основными приемами. Работа по составлению списка таких приемов была начата Г. С. Альтшуллером еще на ранних этапах становления теории. Но эти приемы показывают лишь направление и область, где могут быть сильные решения. Конкретный же вариант решения они не выдают. Эта работа остается за человеком.

Система приемов, используемая в ТРИЗ, включает простые и парные (прием-антиприем) приемы. Простые приемы позволяют разрешать технические противоречия. Среди простых приемов наиболее

популярны 40 основных. Парные приемы состоят из приема и антиприема, с их помощью можно разрешать физические противоречия, т. к. как при этом рассматривают два противоположных действия, состояния или свойства.

#### *Стандарты на решение изобретательских задач*

Стандарты на решение изобретательских задач представляют собой комплекс приемов, использующих физические или другие эффекты для устранения противоречий. Это своего рода формулы, по которым решаются задачи. Для описания структуры этих приемов Г. Альтшуллером был создан вещественно-полевой (вепольный) анализ.

Система стандартов состоит из классов, подклассов, содержащих 76 стандартов. С помощью этой системы можно не только решать, но выявлять новые задачи и прогнозировать развитие технических систем.

**Технологические эффекты.** Технологический эффект – это преобразование одних технологических воздействий в другие. Могут требовать привлечения других эффектов – физических, химических и т. п.

**Физические эффекты.** Известно около пяти тысяч физических эффектов и явлений. В разных областях техники могут применяться различные группы физических эффектов, но есть и общеупотребительные. Их примерно 300–500.

**Химические эффекты** – это подкласс физических эффектов, при котором изменяется только молекулярная структура веществ, а набор полей ограничен в основном полями концентрации, скорости и тепла. Ограничившись лишь химическими эффектами, зачастую можно ускорить поиск приемлемого решения.

**Биологические эффекты** – это эффекты, производимые биологическими объектами (животными, растениями, микробами и т. п.). Применение биологических эффектов в технике позволяет не только расширить возможности технических систем, но и получать результаты, не нанося вреда природе. С помощью биологических эффектов можно выполнять различные операции: обнаружение, преобразование, генерирование, поглощение вещества и поля и другие операции.

**Математические эффекты.** Среди математических эффектов наиболее разработанными являются геометрические. Геометрические эффекты – это использование геометрических форм для различных технологических преобразований. Широко известно применение треугольника, например, использование клина или скользящих друг по другу двух треугольников.

Вещественно-полевые ресурсы (ВНР) – это ресурсы, которые можно использовать при решении задач или развитии системы. Использование ресурсов увеличивает идеальность системы.

#### *Законы развития технических систем*

Изучая эволюцию технических систем во времени, Г. Альтшуллер выявил закономерности развития технических систем (в ТРИЗ их принято называть законами), знание которых помогает предсказывать возможные улучшения. Впервые сформулированные законы были сгруппированы в три условные блока:

– статика – законы, определяющие условия возникновения и формирования технической системы;

– кинематика – законы определяют закономерности развития вне зависимости от воздействия физических факторов. Важны для периода начала роста и расцвета развития технических систем;

– динамика – законы определяют закономерности развития технических систем в зависимости от воздействия конкретных физических факторов. Важны для завершающего этапа развития и перехода к новой системе.

Блок «Статика» содержит три закона:

1. *Закон полноты частей системы.* Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.

Следствие из закона 1. Чтобы система была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна ее часть была управляемой.

2. *Закон «энергетической проводимости» системы.* Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.

Следствие из закона 2. Чтобы часть технической системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органами управления.

3. *Закон согласования ритмики частей системы.* Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование ритмики (частоты колебаний, периодичности) всех частей системы.

В блоке «Кинематика» также три закона:

4. *Закон увеличения степени идеальности системы.* Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

5. *Закон неравномерности развития частей системы.* Развитие частей системы идет неравномерно; чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей.

6. *Закон перехода в надсистему.* Исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей; при этом дальнейшее развитие идет уже на уровне надсистемы.

Еще два закона включены Г. Альтшуллером в блок «Динамика»:

7. *Закон перехода с макроуровня на микроуровень.* Развитие рабочих органов системы идет сначала на макро-, а затем на микроуровне.

8. *Закон увеличения степени вепольности.* Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности.

В последующем эти группы законов были дополнены самостоятельными законами в области развития потребностей и изменения функций, кроме того, к системам были применены законы диалектики. Наиболее общие из них следующие.

Закон единства и борьбы противоположностей – ядро диалектики. Он служит источником возникновения любых объектов, в том числе материального мира и, в частности, технических систем. Закон характеризует одно из основных понятий ТРИЗ – противоречие.

Закон перехода количественных изменений в качественные вскрывает общий механизм развития, в котором количественные изменения в системе происходят непрерывно.

При достижении определенного предела совершаются качественные изменения. Новое качество ускоряет темпы роста. Количественные изменения при этом совершаются постепенно (эволюционно), а качественные – скачком.

Любая система проходит несколько этапов своего развития. Вначале система развивается медленно, при достижении некоторого уровня развитие ускоряется, после достижения некоторого более высокого уровня скорость роста уменьшается, а затем рост параметра системы прекращается, что означает появление в системе противоречий.

Если параметры начинают уменьшаться, то система «умирает». Подобные кривые часто называют S-образными. Они описывают жизненный цикл продукта.

Суть закона отрицания отрицания заключается в том, что процесс поступательного развития происходит в относительной повторяемости, как бы по пройденным ступеням. Но повторение каждый раз происходит на более высоком уровне с применением новых элементов, материалов, технологий и т. д. Можно сказать, что процесс развития происходит по спирали.

Из числа законов развития технических систем, предложенных последователями Г. Альтшуллера, приведем следующие.

Закон избыточности частей системы утверждает, что приблизительно 20% функций, элементов и связей системы выполняют около 80% работы. При создании работоспособной системы нужно учитывать, что для выполнения какой-либо работы, кроме основных элементов и связей (выполняющих главную функцию), необходимо еще приблизительно 80% вспомогательных, причем они, как правило, выполняют только 20% основной работы. Учитывая это, следует предусмотреть на них расход вещества, энергии и информации (приблизительно 20% на обеспечение главной функции и 80% – основных и вспомогательных).

Избыточность может быть функциональная и структурная. Функциональная избыточность определяется тем, что для обеспечения работоспособности системы, помимо главной функции, необходимо выполнять еще основные и вспомогательные функции. Структурная избыточность определяется необходимостью введения дополнительных элементов и связей.

Закон минимального согласования частей и параметров системы. Минимальное согласование системы должно быть функциональным, структурным и функционально-структурным.

Функциональное согласование должно максимально уменьшить вспомогательные и сократить основные функции, т. е. найти их минимально необходимое и достаточное число для обеспечения жизнеспособности системы в выполнении главной функции. Особенно важно такое согласование проводить для больших систем, так как одинаковые или смежные функции могут выполняться одними системами. Таким образом, происходит свертывание систем.

Структурное согласование системы должно проводиться по уровню и параметрам. Согласование элементов системы между собой обеспечивается внутренними связями, а системы с надсистемой и внешней средой – внешними связями.

Функционально-структурное согласование определяет соответствие структуры с главной, основными и вспомогательными функциями. Тем самым обеспечивается выполнение каждой из необходимых функций.

Закон увеличения степени идеальности утверждает, что в своем развитии техника становится все более идеальной, т. е. ее развитие определяется степенью приближения к ИКР.

Увеличение степени идеальности осуществляется выявлением и разрешением противоречий, которые возникают вследствие неравномерности развития систем. Разрешение противоречий осуществляется

путем увеличения степени динамичности системы, согласования и переходом системы в надсистему.

*Алгоритм решения изобретательских задач* – пошаговая программа (последовательность действий) по выявлению и разрешению противоречий, то есть решению изобретательских задач (около 85 шагов). АРИЗ включает: собственно программу; информационное обеспечение, питающееся из информационного фонда; методы управления психологическими факторами, которые входят составной частью в методы развития творческого воображения.

Эвристический алгоритм АРИЗ состоит из пяти стадий: аналитической, моделирования, оперативной, синтетической и дидактической. Рассмотрим операции, реализуемые на каждой из стадий.

Аналитическая стадия

1.1. Суть проблемной ситуации

Сформулируйте, что вам надо? Что есть в наличии? В чем несоответствие между «НАДО» и «ЕСТЬ»?

1.2. Свертка ситуации

Разделите суть проблемы на две: социально-административную и техническую.

1.3. Суть технической проблемы

Сформулируйте ее по схеме п. 1.1.

1.4. Формулировка идеального конечного результата по проблеме (ИКР-1)

Мысленно представьте и запишите Вашу версию идеального решения проблемы, не перекладывая ее решения на других.

1.5. «Веер задач»

Преобразуйте Вашу техническую проблему в конкретные технические задачи. Лучше, если это будет одна-две задачи. Выберите одну. Назовите объект выбранной задачи.

1.6. Цель решения

Определите конечную цель решения выбранной задачи. Четко представьте себе, какие характеристики объекта изменять нельзя.

1.7. Примените оператор «Уровень»

Отвлечитесь и пофантазируйте: А) Как выглядит Ваша неразрешимая задача «сверху», с уровня надсистемы, в которую входит объект задачи? Б) Как выглядит та же задача «изнутри», с уровня подсистемы, прежде всего тех веществ и физических полей, из которых состоит объект? В) На трех уровнях (надсистема, система, подсистемы) переформулируйте задачу, заменив требуемое действие (или свойство) обратным. Это на некоторое время поможет уйти от стереотипов.

### 1.8. Оценка количественных показателей

Драматизируйте проблему. Утройте требуемые характеристики, сократите сроки вдвое. Переориентируйте себя «на максимум».

### 1.9. Примените оператор РВС (размер, время, скорость):

а) Мысленно уменьшаем размеры объекта до 0. Как теперь решается задача?

б) Мысленно увеличиваем размеры объекта до  $\infty$ . Как теперь решается задача?

в) Мысленно снижаем время процесса (или скорость движения объекта) до 0. Как теперь решается задача?

г) Мысленно меняем время процесса (или скорость) до  $\infty$ . Как решается задача?

д) Мысленно меняем стоимость (затраты) объекта или процесса до 0. Как теперь решается задача?

е) Мысленно меняем стоимость (затраты) до  $\infty$ . Как теперь решается задача?

## 2. Стадия моделирования

### 2.1. Построение модели задачи

Записать условия задачи, как можно меньше используя специальные термины («технический жаргон»). Уточните содержание технического противоречия.

### 2.2. Детализация структуры модели

Выделить и записать конфликтующую пару элементов.

Правило 1. В конфликтующую пару элементов обязательно должно входить изделие. Изделие – это то, что нам нужно, или же природный элемент.

Правило 2. Вторым элементом пары должен быть элемент, с которым непосредственно взаимодействует изделие (инструмент или второе изделие).

Правило 3. Если один из элементов (инструмент) по условиям задачи может иметь два состояния, надо взять то состояние, которое обеспечивает наилучшее осуществление главного производственного процесса (основной функции всей технической системы, указанной в задаче).

Правило 4. Если в задаче есть пары однородных взаимодействующих элементов, достаточно взять одну пару.

### 2.3. Детализация рабочих процессов в модели

Записать два взаимодействия (действия, свойства) элементов конфликтующей пары: имеющееся и то, которое надо ввести (или: полезное и вредное).



## 2.4. Обобщенный образ модели

Записать формулировку модели задачи, указав конфликтующую пару и нежелательное взаимодействие.

## 3. Оперативная стадия

### 3.1. Выбор изменяемого элемента

Выбрать из элементов, входящих в модель задачи, тот, который можно легко изменять, заменять и т. д.

Правило 5. Технические объекты легче менять, чем природные.

Правило 6. Инструменты легче менять, чем изделия.

Правило 7. Если в системе нет легко изменяемых элементов, следует указать «внешнюю среду».

### 3.2. Построение ИКР-2

Записать формулировку идеального конечного результата.

Элемент (указать элемент, выбранный по 3.1) сам (сама, само) устраняет (указать вредное воздействие), сохраняя способность выполнять (указать полезное воздействие).

Правило 8. В формулировке ИКР всегда должно быть слово «сам» («сама», «само»).

### 3.3. Сравнение выбранного элемента с ИКР-2

Выделить ту зону элемента (указанного в 3.2), которая непосредственно не справляется с требуемым по ИКР комплексом двух взаимодействий.

Что имеется в этой зоне – вещества, поля? Какие? Показать эту зону на схеме, обозначив ее цветом, штриховкой и т. п.

3.4. Перевод технического противоречия (ТП) в физическое противоречие (ФП – противоречие в физических свойствах)

Сформулировать противоречивые физические требования, предъявляемые к выделенной зоне и (или) к ее состоянию. Эти требования определяются конфликтующими взаимодействиями (действиями, свойствами). У этого шага всегда есть варианты. Возможно, придется попробовать все. По меньшей мере, вариантов два:

а) Для обеспечения (указать полезное взаимодействие или то взаимодействие, которое надо сохранить) необходимо (указать физическое состояние: быть нагретой, подвижной, заряженной и т. д.).

б) Для предотвращения (указать вредное взаимодействие или взаимодействие, которое надо ввести) необходимо (указать физическое состояние: быть холодной, неподвижной, незаряженной и т. д.).

Правило 9. Физические состояния, указанные в пунктах «а» и «б», должны быть взаимно противоположными. Фактически они отражают требования двух различных функций, которые должна выполнить «выделенная» зона.

#### 4. Синтетическая стадия

##### 4.1. Осознание физического противоречия («противоречия в свойствах»)

Записать формулировку физического противоречия. Выделенная зона элемента (указать, какая) должна (быть в состоянии, отмеченном в 3.4 а), чтобы выполнять полезное взаимодействие (указать, какое), и должна (быть в состоянии, отмеченном в 3.4 б), чтобы предотвращать вредное воздействие (указать, какое).

##### 4.2. Преодоление физического противоречия

Рассмотреть простейшие способы преобразования выделенной зоны элемента:

###### а) Разделение противоречивых свойств во времени.

Наряду с прямым разнесением во времени, эта операция может быть реализована путем использования переходных состояний, при которых сосуществуют или попеременно появляются противоположные свойства.

###### б) Разделение противоречивых свойств в пространстве.

Наряду с дроблением объекта на участки, обладающие разными свойствами, разделение может быть реализовано перестройкой пространственной структуры: частицы выделенной зоны элемента наделяются имеющимся свойством, а вся выделенная зона в целом наделяется требуемым (конфликтующим) свойством.

###### в) Разделение противоречивых свойств в отношениях.

Одни и те же объекты могут обладать противоположными свойствами по отношению к воздействиям, не отличающимися по физической сути, но имеющими разные количественные характеристики. Например: вода мягка при полоскании, но тверда при падении на нее с большой высоты. Стекло прозрачно для видимого света и непрозрачно для ультрафиолета. То же стекло нерастворимо в серной кислоте, но не терпит фтористоводородной кислоты.

##### 4.3. Выбор путей устранения физического противоречия

В АРИЗ имеется хорошо разработанная и практически проверенная таблица применения физических эффектов и явлений для этих целей.

4.4. Использовать таблицу основных приемов устранения технических противоречий. Если до этого получен физический ответ, использовать таблицу для его проверки.

4.5. Перейти от физического ответа к техническому: сформулировать способ и дать схему устройства, осуществляющего этот способ.

#### 5. Дидактическая стадия

##### 5.1. Предварительная оценка полученного решения

Ответьте на контрольные вопросы:

1) Обеспечивает ли полученное решение выполнение главного требования ИКР («Элемент сам...»)?

2) Какое физическое противоречие устранено (и устранено ли) полученным решением?

3) Содержит ли полученная система хотя бы один хорошо управляемый элемент? Какой именно? Как осуществлять управление? Если хотя бы по одному из контрольных вопросов получен отрицательный ответ, вернуться к 2.1.

#### 5.2. Проверка новизны

Проверить по патентным фондам формальную новизну полученного решения.

#### 5.3. Оценка путей реализации

Какие подзадачи могут возникнуть при технической разработке полученной идеи? Записать возможные подзадачи – изобретательские, конструкторские, расчетные, организационные. Определить, как должна быть изменена надсистема, в которую входит измененная система и может ли измененная система применяться по-новому.

#### 5.4. Эвристическая ценность полученного решения

Использовать полученный ответ для решения других технических задач.

а) Рассмотреть возможность использования идеи, обратной полученной.

б) Построить таблицу «расположение частей – агрегатное состояние изделия» или таблицу «использованные поля – агрегатное состояние изделия» и рассмотреть возможные перестройки ответа по позициям этих таблиц.

#### 5.5. Самопроверка

Сравнить реальный ход решения с теоретическим (по АРИЗ). Если есть отклонения – записать. Сравнить полученный ответ с табличными данными (таблицы основных приемов, вепольных преобразований, физических эффектов). Если обнаружили что-то новое – запишите. В дальнейшем эти записи могут послужить для совершенствования АРИЗ.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Кто является автором ТРИЗ?
2. В чем заключается изобретательская ситуация?
3. Назовите основные инструменты ТРИЗ.
4. Что такое АРИЗ?
5. Назовите основные законы развития технических систем.
6. Назовите основные этапы АРИЗ.

# 5. ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

---

---

## 5.1. Индивидуальное решение

К этому классу относятся решения, принимаемые ЛПР – уполномоченным лицом, которым чаще всего является руководитель организации, предприятия, подразделения, а также специалисты, обладающие определенной самостоятельностью. Специфика индивидуальных решений в том, что ЛПР осуществляет выбор и несет ответственность за него единолично, руководствуясь личными предпочтениями. При этом анализ ситуации и разработка альтернатив, а также их оценка могут выполняться специалистами предприятия или экспертами. Особенности индивидуальных решений обусловлены качествами индивида и постоянными отклонениями поведения человека от рационального<sup>13</sup>.

Один из наиболее важных факторов, влияющих на принятие решения индивидуальным ЛПР – статистический и неполный характер используемых для обоснования решения данных. При этом вероятность реального события завышается или занижается. Это бывает при экстраполяции частного результата на полное или достаточно большое множество. Например, если игрок трижды выиграл в лотерею, это не значит, что он и дальше будет выигрывать. Или, если руководитель 100 раз принял необоснованное решение, которое оказалось верным, то утверждать, что и 101-е его решение оправдается, не вполне верно. Обычно происходит завышение вероятности событий, отложившихся в памяти из-за своей яркости или вследствие навязчивой рекламы.

Очень важен для качества решений феномен иллюзии контроля – ошибочное представление о вероятности события, основанное на ложной уверенности ЛПР в подконтрольности события, хотя это может и должно быть верным. Примером может служить трюк в игре в наперстки, когда ведущий предлагает выбрать один из наперстков и положить на него руку, дабы исключить изъятие шарика. Естественно, шарика там нет, но уверенность игрока может привести к росту ставок и еще большему проигрышу, поскольку игрок уверен, что контролирует ситуацию. Вместо жулика-наперсточника иллюзия может быть

---

<sup>13</sup>Лапыгин, Ю. Н. Основы управленческого консультирования / Ю. Н. Лапыгин. – М.: Академический проспект, 2006. – 85 с.

вызвана природной катастрофой, недобросовестностью поставщика, поломкой оборудования и др.

Заметные ошибки встречаются при оценке вероятности сложных событий, когда используется цепь вероятностных событий или необходимо учитывать условные вероятности. Например, если вероятность брака на каждом этапе 5-стадийного технологического процесса равна 2%, то общая вероятность брака будет не 10, а 20%.

Достаточно много и чисто психологических факторов, не связанных с теорией вероятностей, оказывает влияние на принятие решения. В частности, известен феномен первой альтернативы: альтернатива, предлагаемая первой, имеет больше шансов на одобрение ЛПР. В некоторой степени противоположное воздействие на большинство ЛПР, которые должны обладать достаточно сильным характером и качествами лидера, окажет попытка давления, навязывания чужого решения.

Очень важна самооценка компетентности ЛПР: неправильная самооценка в некоторой ситуации чаще всего повлечет неверное или не лучшее решение. В этом опасность случайных людей и различных протезе на руководящих должностях.

## **5.2. Групповые решения**

Основное отличие групповых решений от индивидуальных – наличие сложной системы влияний участников процесса принятия решения. При этом они не сводятся к сумме индивидуальных, а являются специфическим продуктом группового взаимодействия, деформацией мышления индивидов под влиянием группы. Это проявляется как:

- необоснованный оптимизм группового решения, ведущий к излишнему риску;
- стремление дать рациональное объяснение порой невыполнимому решению, чтобы не разрушать иллюзию правоты большинства;
- навязывание группой каждому индивиду норм поведения, побуждающих ее членов игнорировать моральные последствия принимаемых решений;
- восприятие других групп как соперников (людей слабых, глупых, враждебных или недостойных), что устанавливает барьеры взаимодействия с ними или ведет к конфронтации;
- давление на членов группы, выдвигающих объективные возражения и аргументы против групповых стереотипов («кто не с нами, тот против нас»);

– самоподавление инициативы индивидов группы – их готовность отбросить или преуменьшить собственные возражения, касающиеся групповых решений (нежелание оказаться белой вороной);

– комплекс согласия с мнениями и оценками, соответствующими точке зрения большинства (все думают так, стало быть, это верно);

– появление покровителей «группового духа» – членов группы, которые защищают ее от неблагоприятной информации, способной нарушить испытываемое чувство удовлетворенности от принимаемых решений.

Чтобы избежать данного явления и снизить его влияние на качество решений, рекомендуется принимать следующие меры:

1) лидеры должны поощрять объективную критику, в том числе и своего мнения и оценок;

2) должны пресекаться «давление авторитетом» и закрепление чьих-либо позиций, что препятствует креативному мышлению;

3) возможно разделение группы на подгруппы, занимающиеся решением проблемы независимо друг от друга;

4) ознакомление с решаемой проблемой желательно проводить до коллективного обсуждения;

5) целесообразно привлечение к процессу обсуждения независимых экспертов, а также консультантов, имеющих опыт в проведении групповой работы.

Одним из главных достоинств группового метода принятия решения является эффект численности: качество решений растет с расширением состава группы, полностью или частично устраняются недостатки индивидуального подхода. Однако чрезмерное расширение круга участников приводит к снижению результативности работы из-за потери управляемости группой, ее распада на фракции, появления многочисленных второстепенных факторов, которые кто-то требует учитывать.

Не менее вреден конформизм членов группы, который проявляется как следование за большинством в вынесении суждений, высказывании мнений и идей. При этом могут быть потеряны важные аргументы.

### **5.3. Принципы принятия групповых эвристических решений**

У всех участников вырабатывающей решение группы имеются индивидуальные предпочтения. Если они не совпадают, то формируется вектор предпочтений на основе одного из следующих принципов:

– голосования – в соответствии с принятой процедурой голосования;

– диктатора – за основу берется мнение одного лица группы. Этот принцип характерен для военных организаций, а также для принятия решений в чрезвычайных обстоятельствах;

– Курно – используется, когда в группе нет коалиций, и необходимо найти решение, которое бы отвечало требованию индивидуальной рациональности без ущемления интересов каждого в отдельности;

– Парето – используется, когда эксперты образуют одну коалицию. В этом случае оптимальным будет решение, которое невыгодно менять сразу всем членам группы, поскольку оно объединяет их в достижении общей цели;

– Эджворта – используется, когда группа состоит из нескольких коалиций, каждой из которых невыгодно отменять свое решение. Зная предпочтения коалиций, можно принять оптимальное решение, не нанося ущерба друг другу.

#### **5.4. Голосование как метод принятия решения коллективным ЛПР**

Голосование – способ принятия решения группой людей, при котором решение принимается путем подсчета голосов членов группы. Голосованию обычно предшествует обсуждение. Альтернативными формами принятия решения являются выработка консенсуса или жеребьевка.

##### **5.4.1. Принятие решения на основе большинства голосов (мажоритарная система – *Plurality voting system*)**

Простое большинство – большинство членов группы проголосовало за данную альтернативу. Может иметься в виду «от числа присутствующих» или «от числа имеющих право голосовать, но не обязательно присутствующих». Термин широко используется, но считается неудачным, поскольку часто трактуется как «большая часть» или «больше других». Поэтому всегда требует уточнения.

Абсолютное большинство – 50% + 1 голос. В настоящее время это наиболее распространенный критерий принятия решения голосованием.

Квалифицированное большинство – большинство в 3/5, 2/3 или 3/4 голосов (может быть и другое число). В парламентах этот критерий иногда заменяют на «конституционное большинство», подчеркивая, что таким большинством можно изменить конституцию страны.

Принцип единогласия. Довольно редко применяют требование согласия с решением всех членов группы. Такой критерий применялся до недавнего времени в Евросоюзе, конституция которого так и не

была принята из-за несогласия Чехии и Ирландии. Его следует применять, если члены группы заранее не договорились о критерии принятия решения, которое в противном случае всегда может быть оспорено несогласными с результатом.

Мажоритарная система приводит к достаточно быстрому и понятному решению благодаря относительно простым правилам. Однако иногда принятое решение может оказаться не мнением большинства или вообще никого не устраивать, что встречается особенно часто в многотуровых политических выборах. Так, в Австралии на парламентских выборах лейбористская партия чаще других получала больше всех голосов, но меньше мест из-за того, что проигравшие партии формировали блоки.

Другой случай неудовлетворительности мажоритарной системы получил название парадокса Кондорсе, который поясним на примере постатейного принятия нового закона в условном «парламенте». Пусть, для простоты, в этом законе только 3 статьи, а в парламенте только 3 депутата. Первый из них голосует «да» по первой статье, «да» по второй и «нет» по третьей («да»/«да»/«нет»), второй – «да»/«нет»/«да», третий – «нет»/«да»/«да». Суммарный итог голосования подсчитывается как соотношение сумм голосов «да» и «нет» по каждому из вопросов. В рассмотренном случае суммарный итог голосования будет «да»/«да»/«да». Этот итог не отражает мнения ни одного из голосовавших и, естественно, не удовлетворяет никого, а закон-то большинством голосов оказывается принятым.

Недостатки мажоритарной системы, хотя она и остается наиболее распространенной в политической жизни, хозяйственных обществах и общественных организациях, привели к поиску более совершенных видов голосования.

#### ***5.4.2. Немажоритарные системы принятия решения***

Система ограниченного голосования является наиболее простым развитием мажоритарной системы. Ее применяют, когда надо выбрать несколько позиций из списка, например, несколько депутатов. В этом случае избирателям дают меньше голосов, чем имеется мест в наличии, в предельном случае – только один голос на все места.

Такой подход позволяет учитывать и мнение меньшинства, которое иногда оказывается даже завышенным. Система ограниченного голосования действует, например, на выборах нижней палаты японского парламента.

Пропорциональная система. Ее используют, как и систему ограниченного голосования, когда надо выбрать несколько позиций из



списка. На политических выборах в этом случае каждая партия, участвующая в выборах, получает количество депутатских мест, пропорциональное числу поданных за нее голосов избирателей.

В политической выборной практике применяют различные способы пропорционального распределения мандатов. Один из них, предложенный английским адвокатом-барристером Томасом Хэром в 1855 г., называют методом избирательной квоты.

Так определяется минимальное число голосов, которое необходимо набрать партии, чтобы получить один мандат. Однако возникает проблема остатка, который надо поделить между уже получившими мандаты партиями. Распределение ведут, чаще всего, по наибольшему остатку, т. е. лишние мандаты отдают партиям, которые меньше других «не дотянули» до следующего уровня квоты, или по «наибольшей средней», при использовании которой лишние места отдают партиям, для которых оказались наибольшими количества голосов на одно полученное место.

Список, из которого производится выбор, может быть построен разными способами. Наиболее простой вариант – жесткий список, который составляется заранее руководством партии и не может быть изменен в ходе выборов. Гибкий список предполагает, что избиратели влияют на порядок расположения кандидатов, расставляя свои предпочтения. При этом часто метод комбинируют с принципами системы ограниченного голосования.

Одобрительное голосование. В этой системе каждый член голосующей группы может выбрать (одобрить) сколько угодно или специально ограниченное количество альтернатив из некоего предлагаемого перечня. Победителем признается решение, получившее наибольшее число голосов. Очевидно, он является разновидностью рейтинговой системы, в которой рейтинг может принимать только два значения: «1» и «0». Из-за этого ограничения метод технически подобен рассмотренным выше системе ограниченного голосования и пропорциональной системе.

Альтернативное голосование. Это способ голосования, применяемый при мажоритарной системе принятия решений для повышения ее результативности. В настоящее время применяется в ряде крупных корпораций при выборах руководящего состава и выборе стратегий органами управления. Идеи альтернативного голосования применяются также при выборах в различные органы власти США, Австралии, Новой Зеландии, Ирландии, Фиджи, Папуа-Новой Гвинеи, а также в ряде политических партий, неправительственных организаций.

Впервые метод был описан в 1968 г. в эссе Гуйя Оттюелла (Guy Ottewell), которое опубликовали только в 1977 г. под названием «Арифметика Голосования». Однако сам термин «одобрительное голосование» (Approval voting) был впервые введен Робертом Дж. Вебером в 1976 г.

Применение альтернативного голосования дает эффект двух-, трех-, четырехтурового голосования уже в одном туре. В этой системе член группы проставляет в бюллетене или специальной карточке свои предпочтения напротив каждого из вариантов (альтернатив). Если при подсчете голосов по первому предпочтению ни один из вариантов не набрал абсолютного большинства, голоса, поданные за наименее успешного кандидата, распределяются между остальными кандидатами в соответствии со вторым предпочтением. Эта процедура продолжается, пока один из вариантов не получит абсолютное большинство голосов.

Метод ранжирования или рейтинговая система. Этот метод является наиболее сложным из рассмотренных и предполагает, что голосующий член группы оценивает альтернативы по определенным правилам. В простейшем случае альтернативам присваиваются места, в более сложных – выставляется оценка, придается вес, как будто у голосующего много голосов и он их отдает альтернативам в желаемых пропорциях. При этом если правила не утверждают иного, разным альтернативам могут быть даны одинаковое место (поделили место) или вес. Решением является альтернатива, которая получила наиболее высокую сумму мест. Если выбирается несколько альтернатив из длинного списка, то, соответственно, решением являются альтернативы с наиболее высокими суммами мест или наибольшими весами (наиболее высокими суммарными оценками). Этот метод является по-настоящему системным и применяется весьма часто при экспертной оценке различных проектов.

Метод Шульце. Является развитием метода альтернативного голосования с использованием и ранжирования и попарного сравнения. Система разработана в 1997 г. Маркусом Шульце. Сам Шульце называл ее «методом разъезженного пути» (от англ. Beat path method). Она позволяет определить решение-победителя с использованием бюллетеней, в которых голосующие указывают свои предпочтения относительно кандидатур. Этот метод можно использовать и для получения отсортированного по предпочтительности списка решений-победителей.

По методу Шульце, каждый бюллетень содержит полный список кандидатов, и каждый избиратель ранжирует их в порядке своего

предпочтения. В самом распространенном формате используются числа по возрастанию, когда избиратель ставит «1» напротив имени самого желательного кандидата, «2» – напротив второго по предпочтительности, и так далее. Избиратели могут ставить одинаковые числа нескольким кандидатурам, либо вообще не заполнять это поле для части кандидатур (при этом считается, что избиратель поставил такие кандидатуры одинаково ниже всех, для которых он указал число).

Метод Шульце удовлетворяет критерию Кондорсе: если один из кандидатов является предпочтительным при попарном сравнении с каждым из других кандидатов, он объявляется победителем. Чтобы избежать парадокса Консорце, метод использует понятие косвенных побед на основе оценки «силы пути». Поясним эти понятия на следующем примере.

Пусть на неких выборах при парном сравнении кандидат  $C_1$  побеждает кандидата  $C_2$ , который побеждает  $C_3$ , а  $C_3$  побеждает  $C_4, \dots$ , и, наконец, кандидат  $C_{n+1}$  побеждает кандидата  $C_n$ . Тогда мы можем говорить, что существует путь от кандидата  $C_1$  к кандидату  $C_n$ . Чем больше голосующих предпочитают первого кандидата второму, тем сильнее его победа. Силой пути  $C_1, \dots, C_n$  является слабейшая парная победа одного кандидата над другим в этой последовательности.

Силой сильнейшего пути от кандидатуры к кандидатуре называется максимальное из значений силы всех возможных путей от одной кандидатуры до другой. Если пути от одной кандидатуры к другой не существует, то сила пути принимается равной нулю.

Кандидат  $A$  побеждает кандидата  $B$  косвенно, если выполняется любое из двух следующих условий:

- 1) Сила сильнейшего пути от кандидата  $A$  к кандидату  $B$  сильнее, чем сила сильнейшего пути от кандидата  $B$  к кандидату  $A$ .
- 2) Существует путь от кандидата  $A$  к кандидату  $B$ , а пути от кандидата  $B$  к кандидату  $A$  не существует.

Косвенные победы удовлетворяют условию транзитивности: если кандидат  $A$  косвенно побеждает кандидата  $B$ , а кандидат  $B$  косвенно побеждает кандидата  $C$ , то кандидат  $A$  также побеждает кандидата  $C$  косвенно. Таким образом, дополнительной процедуры для определения косвенных побед не требуется.

#### **5.4.3. Принятие решения на основе консенсуса**

Консенсус (от латинского consensus «согласие») в широком смысле слова – общее согласие при отсутствии возражений по существенным вопросам, т. е. это способ принятия решения при отсутствии принципиальных возражений у заинтересованных лиц. Чаще всего

применяется при принятии решения на международных конференциях и в международных организациях на основе общего согласия участников без проведения формального голосования, если против него не выступает ни один из участников данного форума. При этом может быть исключено мнение нескольких участников, оказавшихся в явном меньшинстве и не настаивающих на другой процедуре принятия решения. Этот вариант называется приблизительным консенсусом. В этом случае вопрос консенсуса решается председателем, а небольшому числу несогласных сложнее заблокировать решение.

Как метод принятия решений, консенсус стремится быть:

– включающим. В принятии решения методом консенсуса должно участвовать как можно больше участников совместного дела;

– общим. Консенсус требует активного участия всех, принимающих решение;

– совместным. Участники эффективного процесса принятия решения консенсусом должны стараться прийти к самому лучшему из возможных решений для группы и всех ее членов, а не отстаивать мнение большинства, которое часто бывает в ущерб меньшинству;

– равноправным. Все участники группы, принимающей решение методом консенсуса, должны постараться, насколько возможно, сделать одинаковый вклад в процесс. Все участники имеют одинаковую возможность внести предложение, дополнить его, наложить на него вето или заблокировать;

– стремящимся к решению. Участники эффективного процесса принятия решения консенсусом стремятся к приемлемому для всех эффективному решению, используют компромисс и другие методы для избегания взаимоисключающих точек зрения внутри группы.

К недостаткам метода относится возможность принять решение, которого не хочет никто из членов группы (парадокс Абилина, описанный Джерри Харви). Кроме того, метод может потребовать существенных затрат времени на согласование позиций, что будет препятствием, когда решение должно быть принято быстро, а обсудить мнения всех участников группы невозможно.

Очевидно, метод консенсуса является в действительности мажоритарным, отличаясь лишь отсутствием реального голосования.

#### ***5.4.4. Инструменты обсуждения при принятии решения методом консенсуса или голосованием***

Цветные карточки. Иногда используют систему цветных карточек, чтобы ускорить и упростить процесс принятия решения. При этом каждому участнику выдается набор, например, из трех кар-

точек: красной, желтой и зеленой. Карточки можно поднимать в процессе как при ведении дискуссии, так и во время призыва к консенсусу или голосованию для обозначения своего мнения. Значение карточек зависит от того, на какой стадии процесса они используются.

#### *Пример применения карточек*

**Красная.** Красная карточка используется для замечания по поводу самого процесса, указания на нарушение правил процедуры. Уход от темы, выход говорящего за рамки отведенного времени и другие нарушения – повод для поднятия красной карточки. Поднятая во время призыва к консенсусу, она обозначает оппозицию участника (обычно участники, поднявшие красную карточку, обязуются разработать решение, которое удовлетворит всех). При голосовании может обозначать «против».

**Желтая.** Поднятие желтой карточки обозначает желание сделать дополнение или ответить на заданный вопрос. Во время призыва к консенсусу или голосованию желтая карточка показывает, что участник воздерживается или у него есть замечания.

**Зеленая.** Во время дискуссии участник может использовать зеленую карточку для того, чтобы быть добавленным в список высказывающихся. Во время призыва к консенсусу или голосованию зеленая карточка обозначает согласие.

Ручные сигналы широко применяются как принятые жесты определенного смысла (например, жесты спортивных судей, сигналы регулировщика).

Во время дискуссий часто применяют поднятие кулака или скрещивание обеих рук с кулаками для выражения блокирования, принципиального несогласия; Т-образно сложенные кисти рук показывают на срочное замечание, касающееся самой процедуры или порядка, просьбы выделения времени или остановки прений.

Также распространен следующий набор сигналов:

- кулак – блокирование,
- один палец – предложение изменения,
- два пальца – обсуждение незначительного вопроса,
- три пальца – предложение пропустить вопрос без дальнейшего обсуждения,
- четыре пальца – одобрение идеи решения,
- пять пальцев – желание взять на себя исполнение решения.

#### **5.4.5. Способы голосования**

*Открытое голосование* – способ голосования при выборах депутатов и выборных должностных лиц населением и при принятии ре-

шений коллегиальными органами, в том числе представительными органами государственной власти и местного самоуправления, различными собраниями, совещаниями и др. При таком голосовании выбор голосующего виден другим членам группы, иногда вносится в протокол.

Открытое голосование проводится, например, поднятием рук, мандатов или разноцветных карточек, вставанием с мест, выходом или входом в различные двери зала заседаний и др. В последнее время все чаще применяют электронные системы голосования, в том числе и on-line. Если при этом личность голосующего фиксируется, то фактически имеется протокол личного (поименного) голосования.

*Тайное голосование.* В этом случае члены группы голосуют анонимно. Наиболее распространено тайное голосование бюллетенями, которые заполняются голосующими так, чтобы никто не мог видеть их выбор, например, в особой комнате или кабине в специально выбранном месте. Бюллетени опускаются в специальный ящик, иногда требуется опускать их в сложенном виде или в специальном конверте. Возможно и электронное тайное голосование, при котором обслуживающая программа не может различать участников.

#### **5.4.6. Избирательные цензы**

*Возрастной ценз.* В большинстве стран мира приобретение избирательного права связывается с достижением определенного возраста, часто приравняемого к возрасту гражданского совершеннолетия. Например, в Беларуси, России, США, Великобритании граждане голосуют с 18 лет, в Японии с 20, в Бразилии, на Кубе с 16 лет.

Для получения пассивного избирательного права обычно предусматриваются более высокие возрастные цензы. Так, Президентом России может быть избрано лицо, достигшее 35 лет, а Президентом Италии – 50 лет.

Установление максимального предельного возраста для реализации избирательных прав обычно не практикуется, а в ряде государств прямо запрещено.

*Ценз гражданства.* В большинстве стран, избирать и быть избранными в органы власти могут только граждане данного государства. В отдельных странах закон предоставляет иностранцам ограниченные избирательные права. Например, постоянно проживающим в России иностранцам предоставлено право избирать и быть избранными в органы местного самоуправления, если такая возможность предусмотрена международным договором. Могут быть ограничены и права лиц с двойным гражданством.

В некоторых государствах уровень пассивного избирательного права может зависеть от срока пребывания в гражданстве данной страны. Так, членом Палаты представителей Конгресса США может быть избрано лицо, состоящее в гражданстве США не менее 7 лет, а сенатором – не менее 9 лет.

*Ценз оседлости.* Данный ценз предполагает, что для допуска к выборам лицо должно прожить на территории страны или на территории конкретной местности определенное количество времени.

*Образовательный ценз* может применяться, например, для предоставления избирательного права гражданам данного государства при наличии определенного образования либо образовательного уровня, проверяемого через его способность понимать и толковать конституцию государства, или при приеме в гражданство лица, которое посредством сдачи специального экзамена подтверждает знания национального языка и основ конституционного строя страны.

*Специальные цензы,* вводимые в конкретных случаях. Один из важнейших и наиболее распространенных среди них – ценз права голоса на основе удостоверенного предоставления такого права в соответствии с принятой процедурой. Например, в парламенте могут присутствовать журналисты, гости, эксперты, технический персонал, но у них нет права голоса. Некоторым категориям присутствующих может быть предоставлено право совещательного голоса, т. е. они могут брать слово наравне с другими, но не участвовать в голосовании.

*Значимость голоса.* Имеющие право голоса не всегда могут находиться в равных условиях. В хозяйственных обществах значимость голоса пропорциональна доле голосующего в уставном капитале. Например, в акционерном обществе голос стоит столько, сколько акций у голосующего (правда, и акции могут быть различными по значимости). В некоторых обществах голос делегирован одному или нескольким членам группы и реальные владельцы голосовать не в праве. Часто председатель какого-то сообщества имеет право решающего голоса (при равенстве голосов принимается решение, поддержанное председателем), или располагает дополнительным голосом.

#### ***5.4.7. Процедура принятия решения по итогам голосования***

Для получения неоспариваемого в дальнейшем результата голосования необходимо иметь заранее принятый регламент. В нем должно быть определено, какой вид большинства применяется, как ведется подсчет, как влияют голоса лиц, не принявших участия в голосовании или нарушивших какие-то правила, например, не сделавшие никаких

отметок в бюллетене, требующем выбора, как участь воздержавшихся, если они будут, как определить кворум и т. п.

Процедура и регламент могут описываться в законодательных актах, а в хозяйственных обществах и общественных организациях – в их уставах.

### 5.5. Матричный метод принятия решения<sup>14</sup>

Принятие решения на основе матричного метода сводится к осуществлению выбора с учетом интересов всех заинтересованных сторон. Схема процесса иллюстрируется рис. 8.

В данном случае существует некоторое множество решений, удовлетворяющих все стороны-участники. Отказ сторон-участников от части своих интересов позволяет принять компромиссное решение, которое возможно только при достижении консенсуса (общего согласия по спорным вопросам). Принятие конфликтных решений, не учитывающих и попирающих интересы других заинтересованных лиц, ведет к конфронтации.

При выработке консенсуса лучшее соотношение интересов достигается проведением опросов, референдумов, совещаний и деловых встреч, рассмотрением мнений сторон, писем, жалоб и т. п.

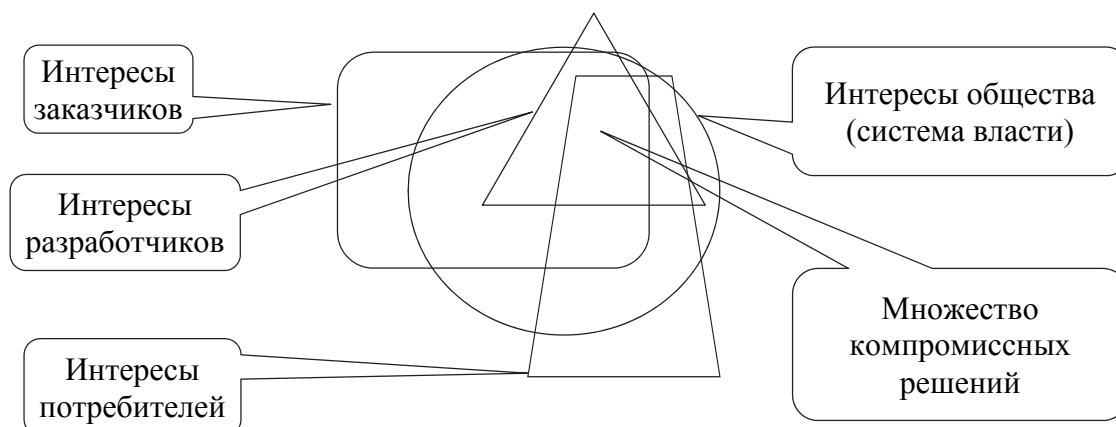


Рис. 8. Матричная модель принятия решения

### 5.6. Применение множества Парето<sup>15</sup>

Построение множества Парето (рис. 9) целесообразно при решении многокритериальных задач. Визуализация множества предоставляет ЛПР возможность сравнивать предпочтительность альтернатив

<sup>14</sup>[http://it.kgsu.ru/IO/io\\_013.html](http://it.kgsu.ru/IO/io_013.html).

<sup>15</sup>[http://it.kgsu.ru/IO/io\\_013.html](http://it.kgsu.ru/IO/io_013.html).



$A_1, \dots, A_n$ . В нашем примере три альтернативы и  $n = 3$ , которые сравниваются по двум критериям  $C_1$  и  $C_2$ . Альтернатива  $A_3$  является доминируемой всеми альтернативами, поскольку она хуже других хотя бы по одному критерию. Альтернативы  $A_1$  и  $A_2$  – доминирующие соответственно и при этом равнозначные при прочих равных условиях. Выбор из альтернатив  $A_1$  или  $A_2$  осуществляется по дополнительному критерию; исходя из личных предпочтений; исходя из существующих ограничений.

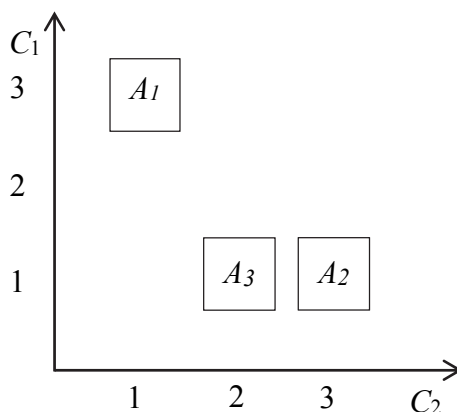


Рис. 9. Исследование альтернатив на множестве Парето

### 5.7. Метод анализа иерархий<sup>16</sup>

В 1970 г. американский математик Томас Саати<sup>17</sup> предложил процедуру поддержки принятия решений, которую назвал Analytic Hierarchy Decision Process. В русском переводе звучит: «Метод анализа иерархий» (МАИ). Первоначально МАИ предназначался для решения проблемы выбора вооружений, но в дальнейшем стал применяться как метод комплексного принятия решений.

МАИ базируется на парных сравнениях между собой альтернатив и критериев. Под альтернативами понимаются различные варианты выбора. Например, при покупке сотового телефона альтернативами будут марки и модели телефонов.

Под критериями понимаются различные значимые для выбора свойства альтернатив. Для сотового телефона критериями могут быть

<sup>16</sup>Ротштейн, А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. – 320 с.

<sup>17</sup>Саати, Т. Принятие решений – метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

размер, вес, цвет, наличие различных дополнительных функций. Поэтому первый этап МАИ состоит в составлении двух списков: альтернатив и критериев.

На втором этапе определяют степень важности отдельных критериев. Для сотовых телефонов наличие проигрывателя mp3 может быть гораздо важнее, чем цвет. Но все зависит от человека, который делает выбор. Для определения степени важности производят парные сравнения всех критериев между собой по шкале от 1 до 9 (например, шкала, примененная Саати).

При сравнении двух критериев А и Б это соответствует вопросу «Что важнее, А или Б, и на сколько?». На этой шкале значение 1 обозначает, что Б намного важнее, чем А. Значение 9, наоборот, что А намного важнее, чем Б. Значение 5 обозначает, соответственно, что А и Б одинаково важны.

Затем производят парные сравнения всех альтернатив по каждому из критериев. Для сравнений используется все та же шкала от 1 до 9. Пример вопроса на этом этапе такой: «Насколько телефон А лучше (хуже) телефона Б по критерию цвет?». В результате альтернативы получают количественную оценку, и их теперь можно выстроить в некотором порядке.

Теперь наступает последний этап, когда ЛПР делает свой осознанный выбор. Фактически, если ЛПР доверяет сделанным расчетам, выбор уже предрешен, но человеческий фактор всегда способен поставить результат под сомнение в силу рассмотренных выше особенностей индивидуального выбора.

Рассмотренная процедура относится к случаю линейного анализа иерархий. Более общий нелинейный анализ требует построения матрицы сравнения, которая для линейного случая вырождается в один столбец. Такая матрица имеет вид табл. 8.

Таблица 8

**Матрица иерархий в задаче принятия решений**

Альтернативы	Критерии			
	$s_1$	$s_2$	...	$s_n$
$a_1$	$v(a_1, s_1)$	$v(a_1, s_2)$	...	$v(a_1, s_n)$
$a_2$	$v(a_2, s_1)$	$v(a_2, s_2)$	...	$v(a_2, s_n)$
...	...	...	...	...
$a_m$	$v(a_m, s_1)$	$v(a_m, s_2)$	...	$v(a_m, s_n)$

В этой таблице для  $m$  альтернатив применяется  $n$  критериев выбора. В других типах задач  $s_n$  может означать условную вероят-

ность появления некоторого важного фактора. Каждое сочетание оценивается неким фактором полезности или приемлемости (например, получение прибыли). Очевидно, построить эти данные в виде линейного графа не удастся. Поэтому для выбора лучшего решения применяют один из следующих критериев, которые отличаются по степени консерватизма, проявляемым ЛПР перед лицом неопределенности.

*Критерий Лапласа* предполагает, что все критерии равнозначны. Тогда, если при этом  $v(a_i, s_j)$  представляет получаемую прибыль, то наилучшим решением является то, которое обеспечивает максимум по  $a_i$ :

$$\max \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v(a_i, s_j) \right\}.$$

Если же  $v(a_i, s_j)$  представляет расходы, то оператор  $\max$  заменяется на  $\min$ .

*Минимаксный критерий* основан на консервативном осторожном поведении ЛПР и сводится к выбору наилучшей альтернативы из наихудших. Если величина  $v(a_i, s_j)$  представляет получаемую прибыль, то в качестве оптимального выбирается решение, обеспечивающее максимизацию по  $a_i$  в условиях минимизации по  $s_j$ :

$$\max \left\{ \min v(a_i, s_j) \right\}.$$

Если величина  $v(a_i, s_j)$  представляет потери, то критерий определяется следующим соотношением:

$$\min \left\{ \max v(a_i, s_j) \right\}.$$

*Критерий Сэвиджа* смягчает консерватизм *минимаксного* критерия путем замены матрицы выигрышей или проигрышей  $\{v(a_i, s_j)\}$  матрицей потерь  $\{r(a_i, s_j)\}$ , которая определяется следующим образом:

$$r(a_i, s_j) = \begin{cases} \max_{a_k} \{v(a_k, s_j)\} - v(a_i, s_j), & \text{если } v - \text{доход,} \\ v(a_i, s_j) - \min_{a_k} \{v(a_k, s_j)\}, & \text{если } v - \text{потери,} \end{cases}$$

к которой потом применяют минимаксный критерий.

*Критерий Гурвица* охватывает ряд различных подходов к принятию решений – от наиболее оптимистичного до наиболее пессими-

стичного (консервативного). Пусть  $0 \leq \alpha \leq 1$ , и величины  $v(a_i, s_j)$  представляют собой доходы. Тогда решению по критерию Гурвица соответствует

$$\max_{a_i} \{ \alpha \max_{s_j} v(a_i, s_j) + (1 - \alpha) \min_{s_j} v(a_i, s_j) \}.$$

Параметр  $\alpha$  – это показатель оптимизма. Если  $\alpha = 0$ , критерий Гурвица становится консервативным, т. к. он при этом эквивалентен минимаксному критерию. Если  $\alpha = 1$ , критерий Гурвица становится слишком оптимистичным, поскольку рассчитывает на лучшее из наилучших условий.

Если величины  $v(a_i, s_j)$  представляют собой потери, то критерий принимает вид

$$\max_{a_i} \{ \alpha \min_{s_j} v(a_i, s_j) + (1 - \alpha) \max_{s_j} v(a_i, s_j) \}.$$

Матрица иерархий может применяться и для анализа статистической информации<sup>18</sup>, например, в психологии, социологии, статистических методах управления качеством. В этом случае с ее помощью идет сравнение статистик, а расчеты требуют привлечения дисперсионного анализа.

### 5.8. Метод парных сравнений<sup>19</sup>

Выстраивание шкал в МАИ может представлять серьезную проблему для экспертов, а невозможность введения жестких критериев оценивания вносит заметный дисбаланс в результат анализа, выполненного разными людьми.

Несколько проще процедура заполнения матрицы иерархий в методе попарного сравнения. В нем эксперт оценивает каждую альтернативу по каждому критерию отбора по принципу «лучше – хуже», но все-таки применяет при этом числовые оценки. Например, лучше – 1, одинаковы – 0,5, хуже – 0. Эту шкалу можно диверсифицировать, вводя оценки типа «значительно лучше».

Полученная матрица остается построенной по методу Саати, но является асимметричной относительно диагонали (на ней происходит сравнение понятия с самим собой). Поэтому полтаблицы можно просто не заполнять. Пример приведен в табл. 9.

<sup>18</sup>Гусев, А. Н. Измерение в психологии: общий психологический практикум / А. Н. Гусев, Ч. А. Измайлов, М. Б. Михалевская. – 2-е изд. – М.: Смысл, 1998. – 286 с.

<sup>19</sup>Дэвид, Г. А. Метод парных сравнений / Г. А. Дэвид. – М.: Статистика, 1978. – 144 с.

**Пример матрицы парных сравнений одного эксперта  
по некоторому критерию при наличии  $n$  альтернатив**

Критерии	$a_1$	$a_2$	...	$a_j$	...	$a_n$
$a_1$	x	1	0	0	1	1
$a_2$	0	x	0	0	0	1
...	1	1	x	0	0	1
$a_j$	1	1	1	x	1	0
...	0	1	1	0	x	1
$a_n$	0	0	0	1	0	x

По главной диагонали матрицы проставлены крестики, показывающие самосравнение. Очевидно, в данном примере по выбранному критерию выигрывает альтернатива  $a_j$ . Однако, как было показано в разделе «Голосование», корректность такого вывода может быть подвергнута сомнению из-за возможного возникновения парадокса.

С матрицами попарного сравнения и МАИ можно работать в соответствии с правилами высшей математики: оценивать ранг, преобразовывать, определять наличие зависимостей в данных.

*Вопросы для самопроверки*

1. Каковы преимущества группового принятия решений?
2. Назовите основные системы принятия решений голосованием.
3. Как применяется принцип Парето при принятии решений?
4. В чем заключается метод иерархий?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

---

1. Акофф, Р. Искусство решения проблем / Р. Акофф.; пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 214 с.
2. Альтшуллер, Г. С. Алгоритм изобретательства / Г. С. Альтшуллер. – 2-е изд. – М.: Московский рабочий, 1973. – 164 с.
3. Альтшуллер, Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач / Г. С. Альтшуллер. – Новосибирск: Наука, 1985. – 196 с.
4. Боно де, Э. Рождение новой идеи / Э. де Боно. – М.: Прогресс, 1976. – 250 с.
5. Лапыгин, Ю. Н. Системное решение проблем / Ю. Н. Лапыгин. – М.: Эксмо, 2007. – 336 с.
6. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: учебник / О. И. Ларичев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2002. – 392 с.
7. Поппер, К. Логика и рост научного знания / К. Поппер. – М.: Прогресс, 1983. – 604 с.

Учебное издание

**Ветохин Сергей Сергеевич**

## **КОМБИНАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Ю. Д. Нежикова*  
Компьютерная верстка *Ю. Д. Нежикова*  
Корректор *Ю. Д. Нежикова*

Подписано в печать 17.09.2014. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 4,6. Уч.-изд. л. 4,7.  
Тираж 150 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/227 от 20.03.2014.  
ЛП № 02330/12 от 30.12.2013.  
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.