

УДК 372.862

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

канд. техн. наук, доц. С.В. ПИЛИПЕНКО  
(Полоцкий государственный университет)

Представлены анализ основных эвристических методов стимуляции мышления в ходе решения тех или иных задач и перспективы их использования в условиях производства. Рассмотрена концепция применения метода морфологического анализа для решения конкретных производственных проблем. Приведен пример выявления данным методом причин возникновения брака.

**Ключевые слова:** техническая проблема, методы решения, методы Цвикки, метод черного ящика.

**Вступление.** Одна из особенностей современного профессионального образования – постоянный рост количества информации и навыков, которыми должны овладеть учащиеся и специалисты. Студенты в ходе инженерной практики сталкиваются с освоением новых видов продукции (в т.ч. из новых материалов), диверсифицированием поставщиков сырья, завоевыванием новых рынков сбыта и т.д. При этом важно уметь урегулировать возникающие проблемы в кратчайшее время и наиболее выгодным в экономическом смысле способом. Поэтому инженеру необходимо не только знать современные эффективные методы стимулирования мышления, направленные на совершенствование творческого процесса, но и уметь их использовать на практике. Методы морфологического анализа, применяемые для принятия оптимальных технических решений, позволяют не только эффективно решать производственные задачи, но и расширять свой уровень знаний и умений.

**Основная часть. Выделение цели.** На производстве при возникновении систематического брака продукции, повышении расхода материала или инструмента и т.д. источник проблемы чаще всего ищут старыми методами, схожими с методом проб и ошибок (МПиО, Э. Торндайк, 1898). На рисунке 1 представлена схема действий этого метода [1].

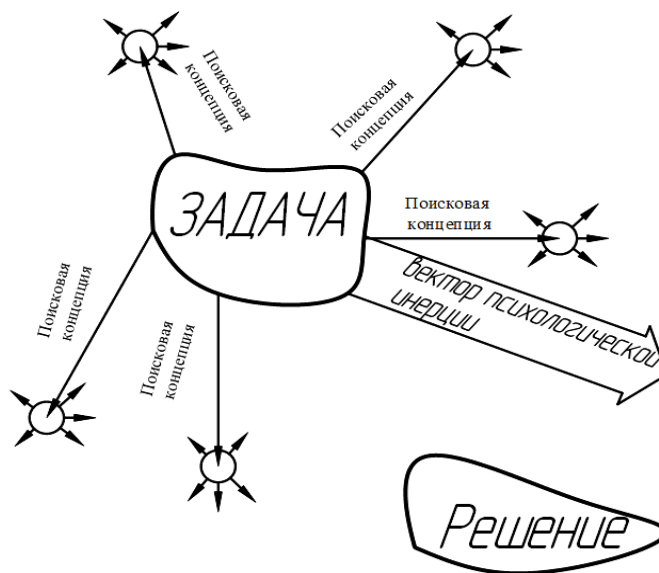


Рисунок 1. – Схема метода проб и ошибок  
(от точки «Задача» рядом умственных действий вдоль выделенных поисковых концепций  
нужно попасть в точку «Решение»)

Одно из достоинств этого метода состоит в том, что ему практически не надо учиться, он инстинктивно понятен. В большинстве случаев (по умолчанию) человек стремится находить решение проблемы именно этим методом (при относительно малой эффективности его применения). В то же время существуют другие, более действенные, методы стимулирования мышления, направленные на совершенствование творческого процесса и самообразование. Данные методы широко применяются преимущественно в прогнозировании, изобретательстве, системном инженерном проектировании [2].

В представляемой работе рассмотрены основные эвристические методы стимуляции мышления в ходе решения тех или иных задач и перспективы их использования в условиях производства.

*Анализ исследований.* Эвристические методы – это система принципов и правил, которые задают наиболее вероятностные стратегии и тактики деятельности решающего, стимулирующие его интуитивное мышление в процессе решения, генерирование новых идей и на этой основе существенно повышающие эффективность решения творческих задач определенного класса [3].

Среди множества эвристических методов наиболее интересные с точки зрения прямого применения на производстве являются методы, разработанные в 1942 г. швейцарским астрофизиком Ф. Цвикки [4–7]. Он предложил использовать три основных метода, совокупность которых получила название морфологического подхода [6]: 1) метод отрицания и конструирования; 2) метод систематического покрытия поля; 3) метод морфологического ящика.

Цель морфологического исследования – увидеть перспективу полного «поля знаний» о предмете [4–7]. Предложенный подход наименьшими усилиями позволяет обработать и систематизировать нужную информацию о проблеме и предложить варианты решений, которые впоследствии окажутся наилучшими [6].

Метод отрицания и конструирования состоит из следующих этапов (подано с точки зрения решения конструкторской задачи) [1; 7–9]:

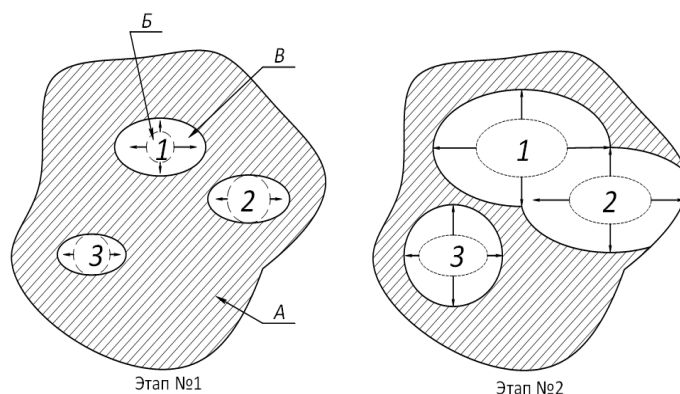
1) выявление в конструируемом объекте отдельных признаков, элементов, характеристик, свойств, которые являются важными для исполнения главного предназначения объекта (порой достаточно выявить только одну позицию);

2) отрицание одного из признаков с одновременной заменой его на иной. Здесь не обязательно брать противоположные значения выбранного признака, можно выбрать другое, совершенно неожиданное, значение (например, часы показывают не время, а фазы луны и т.п. [7]);

3) сначала мысленное (в настоящее время удобнее выполнять компьютерное) проектирование, а потом и реальная реализация конструкции с замененными характеристиками признака.

Данный метод удобен при конструировании объектов с нуля, таких, которых на рынке раньше вообще не было, неожиданных, возможность коммерческой реализации которых может быть парадоксальной (примеров тому много: хула-хуп, трубочка для коктейлей, зонтик для мороженого, спинер, электросамокат и пр.).

Метод систематического покрытия поля (знаний) является «детективным» методом [7]. Именно с его помощью Ф. Цвикки (и не только им) сделано большинство открытий в астрофизике. Вначале в осваиваемом поле знаний у каждого человека имеется несколько открытых «вех» (кружочки 1–3, рисунок 2). На каждом этапе исследователь открывает новые «вехи» («расчищенные» от штриховки области В, рисунок 2). Так, постепенно находят связи между известными «вехами» (вехи 1, 2, этап 2, рисунок 2) и заодно открываются новые, пока неизвестные, области знаний, между которыми, возможно, существует связь (например, почему изменение одного параметра приводит к изменению другого и в какой мере). Каждый этап метода дает ограниченное количество информации, но именно так сейчас движется наука.



**А** – поле знаний, необходимое к освоению (открытию);

**Б** – начальные «вехи» знаний, которые были известны на нулевом этапе освоения поля знаний;

**В** – «вехи» знаний, открываемые после каждого этапа (шага) освоения поля знаний

Рисунок 2. – Схема метода систематического покрытия поля знаний

Из указанных методов Цвикки метод морфологического ящика наиболее алгоритмизирован и доступен для понимания большинству специалистов любой отрасли знаний [6; 7]. Кроме того, данный метод позволяет объединить для совместного использования другие эвристические методы, облегчая решение проблемы [7].

Метод морфологического ящика состоит из следующих основных шагов (подано с точки зрения решения конструкторской задачи) [6; 7]:

1) формулировка проблемы. При этом необходимо посмотреть, какие объекты подобного назначения известны и какими они могут быть, такие объекты. Количество слов в формулировке «названия» проблемы не должно смущать разработчика [7];

2) выделение в конструируемом объекте отдельных элементов, несущих определенный функционал, и определение нужных характеристик каждого выделенного элемента (например, источник света, регулятор интенсивности светового потока, элементы защиты (изоляция) и т.д.). Здесь можно применить метод систематического покрытия поля знаний;

3) конструирование морфологического ящика, или многомерной матрицы (таблица 1), содержащей возможные решения для каждого из выделенных элементов конструируемого объекта (здесь удобно использовать метод мозгового штурма). Морфологическая таблица строится так: левый столбец заполняется наименованиями конструктивных элементов, а затем к каждой клетке этого столбца справа пристраивается столько клеток, сколько нужно для размещения всех вариантов реализации данного конструктивного элемента (возможные формы конструкции отдельного элемента; варианты подведения питания используемой энергии; виды крепления конструкции в целом или отдельных элементов и пр.) [7];

4) анализ и оценка решений с точки зрения целей, которые должны быть достигнуты (перебираются все возможные сочетания разных вариантов выделенных элементов разрабатываемой конструкции);

5) выбор наиболее рационального решения готовой конструкции.

Таблица 1. – Пример исполнения морфологического ящика [7]

| Выделенный параметр или элемент проектируемой конструкции | Возможные варианты решения параметра или элемента проектируемой конструкции |    |    |
|---|---|----|----|
| А   | А1  | А2 | А3 |
| Б   | Б1  | Б2 | –  |
| В   | В1  | В2 | В3 |
| Г   | Г1  | Г2 | Г3 |

*Основной материал.* Метод морфологического ящика удобен для применения на любом производстве при разрешении ситуаций, которые не поддаются исправлению из-за неясности причин их возникновения. Например, при возникновении систематического (или периодически возникающего) брака продукции у руководящего и инженерного персонала возникает несколько мнений и, заиклившись на одном из них, люди не видят ошибочности выдвигаемых предположений. Бывает, человек, пришедший со стороны (но имеющий достаточные знания и опыт), при ознакомлении сразу находит решение возникшей проблемы. Причем решение находится не из-за того, что данный человек (это может быть даже не инженерный работник) имеет более глубокие знания и опыт в данном направлении, а из-за отсутствия в его мыслительном процессе уже принятого всеми вектора психологической инерции (см. рисунок 1).

Автор данной статьи сам наблюдал процесс, когда научно-технический спор, возникший между двумя профессорами, был разрешен студентом-заочником, случайно зашедшим на пересдачу экзамена к одному из них.

При решении проблем, связанных с нахождением причин возникновения брака, концепция применения метода морфологического ящика должна выглядеть следующим образом:

1) несколькими предложениями следует охарактеризовать проблему (брак такой-то продукции, возникающий с такой-то периодичностью на таком-то оборудовании, работающем в таком-то режиме, после такой-то производственной операции, в таком-то цеху, и т.п.). Количество предложений в тексте названия не должно смущать. Иногда уже после написания на листе расширенного названия проблемы ситуация становится намного яснее и разрешается сразу же;

2) методом мозгового штурма выявить факторы, которые могли бы привести к возникновению брака. Важно собрать для штурма не только представителей руководящего и инженерного персонала, но и мастеров, несколько рабочих (имеющих достаточный уровень знаний и опыт); также должны присутствовать несколько человек смежных профессий (например, не только технологи, но и механики,

и энергетики). Следует заметить, что нельзя отметить любые, даже кажущиеся нелепыми, мнения (в меру здравого смысла);

3) далее идет конструирование морфологического ящика. Предлагается к использованию следующий его вид (таблица 2);

4) анализ и оценка результатов.

Таблица 2. – Пример морфологического ящика, составленного для выявления причин возникновения брака

| Возможные причины брака | Методы контроля   | Ответственный персонал или руководящий группой | Срок исполнения                              |
|-------------------------|---|--|--|
| А                       | А1<br>(описываются основные особенности конкретного метода) | Иванов И.И.                                    | (указывается крайний срок вынесения решения) |
|                         | А2  | Петров В.П.                                    | 00.00.000                                    |
| Б                       | Б1  | Сидоров С.Д.                                   | 00.00.000                                    |
| Г                       | Г1  | Чибурелла Я. И.                                | 00.00.000                                    |
| Д                       | Д1  | Петров И.П.                                    | 00.00.000                                    |

Данный метод может быть использован не только для нахождения причин возникновения брака. Например, он был применен на одном из металлургических предприятий, занимающихся холодной прокаткой труб из особо прочных сплавов. Проблемой был не брак труб, а внезапное повышение изнашивания рабочего инструмента. В качестве рабочего инструмента использовались калибры-полудиски и конические оправки. Расход калибров-полудисков и оправок на станах холодной пильгерной валковой прокатки увеличился в разы. Калибры принимали крайнюю степень износа после прокатки от 200 до 500 м труб вместо 1500–2000 м. Примерно такое же увеличение расхода было и у оправок. Для решения проблемы была созвана группа, состоящая из руководителей разного уровня, инженерно-технических работников и рабочих высокой квалификации. В результате ее работы составлена подробная таблица (таблица 3).

Таблица 3. – Пример морфологического ящика, составленного для выявления причин повышенного износа инструмента\*

| Возможные причины понижения стойкости рабочего инструмента   | Способы выявления | Ответственный персонал, или руководящий группой | Срок исполнения |
|--|-------------------|---|-----------------|
| Компоненты эмульсии, охлаждающей зону деформации   | А1                | Иванов И.И.                                     | 00.00.000       |
|  | А2                | Петров В.П.                                     | 00.00.000       |
| Калибровка рабочего инструмента  | Б1                | Сидоров С.Д.                                    | 00.00.000       |
| Брак заготовок под шлифовку рабочего инструмента (марка стали, закалка, поставщик и пр.)                               | В1                | Чибурелла Я.И.                                  | 00.00.000       |
| Понижение температуры воздуха (происшествие случилось в зимний период)   | Г1                | Петров И.П.                                     | 00.00.000       |
| Брак изготовления ручья калибров в цеху (ручей шлифовался на специальных станках двух типов: ЧПУ и старой конструкции) | Д1                | Иванов И.И.                                     | 00.00.000       |

\* приведена не вся информация

До этого причину не удавалось выяснить на протяжении полугода. В итоге в течение недели было выявлено, что причиной стал один из компонентов смазки (в два раза превышена, чем установлено ГОСТом, фракция помола). Виноваты поставщик сырья и менеджер, совершивший закупку. Менеджер не имел достаточного уровня знаний для принятия решений, связанных с закупкой сырья для такого типа производства. Поставщик навязал ему заранее неправильное решение.

**Выводы.** Выполнен обзор основных эвристических методов стимуляции мышления в ходе решения тех или иных задач. Проиллюстрировано применение одного из этих методов в условиях промышленного производства. Определено, что из рассмотренных методов Цвикки метод морфологического ящика наиболее алгоритмизирован и доступен для понимания большинству специалистов любой отрасли знаний. Приведены схемы решения проблем данным методом с целью выявления причин возникновения брака и повышенного износа рабочего инструмента.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Семенова, И.Н. Метод проб и ошибок как средство формирования универсальных учебных действий / И.Н. Семенова, Н.Н. Нигматуллина // Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии : сб. ст. по материалам XVI междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск : СибАК, 2012. – Ч. II. – С. 22–31.
2. Валькова, Н.П. Эффективность применения методов эвристики в процессе обучения дизайнеров [Электронный ресурс] / Н.П. Валькова // Вестн. СПбГУ. Сер. 15, Искусствоведение. – 2015. – №1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-metodov-evristiki-v-protssesse-obucheniya-dizaynerov>. – Дата доступа: 25.08.2019.
3. Методы и приемы творческого разрешения проблем [Электронный ресурс] // Информационный портал. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/7\\_136081\\_metodi-i-priemi-tvorcheskogo-razresheniya-problem.html](https://studopedia.ru/7_136081_metodi-i-priemi-tvorcheskogo-razresheniya-problem.html). – Дата доступа: 27.08.2019.
4. Ильин, В.Н. Технология автоматизации структурно-параметрического синтеза на основе метода морфологического ящика / В.Н. Ильин, А.В. Лепехин // Тр. МАИ. – 2011. – № 46. – С. 1–11.
5. Ritchey T. On a morphology of theories of emergence / T. Ritchey // Acta Morphologica Generalis. – 2014. – № 3, vol. 3.– С. 1–16.
6. Умнов, В.А. Формирование вариантов развития городской подземной транспортной инфраструктуры [Электронный ресурс] / В.А. Умнов, А.В. Харченко // ГИАБ. – 2005. – № 3. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-variantov-razvitiya-gorodskoy-podzemnoy-transportnoy-infrastruktury>. – Дата доступа: 27.08.2019.
7. Морфологический подход : учеб. пособие / В.В. Титов. – М. : ВНИИПИ, 1990. – 39 с.
8. Бирюков, А.Н. Модификации морфологического моделирования для задач планирования при позаказной системе производства однотипной продукции [Электронный ресурс] / А.Н. Бирюков // Статистика и экономика. – 2011. – № 1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/modifikatsii-morfologicheskogo-modelirovaniya-dlya-zadach-planirovaniya-pri-pozakaznoy-sisteme-proizvodstva-odnotipnoy-produktsii>. – Дата доступа: 29.08.2019.

Поступила 12.12.2019

#### APPLICATION OF MORPHOLOGICAL ANALYSIS METHODS TO MAKE OPTIMAL TECHNICAL DECISIONS

S. PILIPENKO

*In the work, the analysis of the main heuristic methods of stimulating mental thinking in the course of solving certain problems and the further development of these methods in order to expand the possibilities of their application in the production environment is performed. The concept of using the morphological box method to solve specific production problems is considered. An example of identifying the causes of marriage by this method is given. The article can be interesting and useful for students of technical universities, as well as graduate students, practicing engineers and managers at various levels.*

**Keywords:** technical problem, solution methods, Zwicky methods, black box method.