

Лебедев Ю.В.

Логвинов С.А

## **Интеграция потокового и функционального анализа**

Потоковый анализ является эффективным инструментом анализа технических систем в ТРИЗ. Он хорошо дополняет функциональный анализ, так как позволяет выявлять проблемы, не выявляемые другими способами анализа.

Тем не менее, до сих пор:

- Отсутствует общепринятая методика проведения потокового анализа
- В ходе выполнения потокового анализа не используется информация, полученная в ходе выполнения ФА
- Результаты потокового анализа и ФА интегрируются только при построении ПСЦНЭ

В данной работе сделана попытка рассмотреть потоковый анализ как частный случай функционального: потоки в технической системе рассматриваются как частный случай компонентов ТС, обладающих важными особенностями.

Рассмотрена функциональная связь потоков с другими («стационарными») компонентами системы: источником, каналом, приемником и системой управления потоком, которые образуют функционально полную техническую подсистему.

Предложенный подход открывает следующие возможности:

- Возможность применения в потоковом анализе хорошо отработанных приемов функционального анализа,
- Частичного объединения процесса выполнения потокового и функционального анализов,
- Выявление взаимодействующих с потоками компонентов, подлежащих совершенствованию.

## **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Практика применения потокового анализа показывает его высокую эффективность. Корректно построенная потоковая модель позволяет выявить проблемы, плохо

поддающиеся выявлению инструментами ФА. Причина понятна – ФА практически не учитывает информацию о пространственной структуре анализируемой ТС. А вот потоковая модель на интуитивном уровне учитывает эту информацию. ФМ является «моментальной фотографией» ТС, сделанной на данный момент времени. Но при этом полностью или почти полностью теряется динамика работы ТС. При построении ФМ работающей системы приходится идти на разного рода ухищрения или же просто пренебрегать «канонической чистотой» описания. Типичный пример: Компонент 1 – Двигает – Компонент 2. При строгом следовании правил составления ФМ такая формулировка уже некорректна, поскольку подразумевает различное положение компонентов в различные моменты времени.

Введение потока в ФМ снимает такого рода затруднения, **если рассматривать поток как динамический компонент системы**, чьи компоненты более низкого системного уровня перемещаются в пространстве под воздействием статических компонентов.

Однако, в отличие от ФА, потоковый анализ на сегодняшний день формализован явно неудовлетворительно. Фактически, отсутствует единая методика его проведения.

Кроме того, нет инструментов для обмена информации между ФА и ПА моделями. Эти два вида анализа проводятся независимо, а их результаты объединяются только при построении ПСЦНЭ.

Неоднократно предпринимались попытки объединения этих двух инструментов. Одна из наиболее глубоко проработанных методик описана в диссертации А.Кашкарова [1]. К сожалению, предложенная им методика весьма громоздка, что полностью убивает одно из главных достоинств ПА – интуитивную понятность и прозрачность.

В статье обсуждаются подходы, позволяющие интегрировать ФА и ПА без потери присущих им достоинств.

## ВЫБОР МЕТОДИКИ-ПРОТОТИПА

Для продолжения обсуждения следует выбрать один из существующих вариантов методики проведения ПА, который можно взять за основу для дальнейшего совершенствования. По всей видимости, связь ПА с другими инструментами ТРИЗ лучше всего описана в диссертационной работе О.Герасимова «Технология выбора инструментов инновационного проектирования на основе ТРИЗ-ФСА» [2]. Однако это описание очень краткое, что затрудняет его использование в практической работе.

Кроме того, в этом описании использован ряд понятий, введенных в ЗРТС (ПА появился как развитие одного из законов ЗРТС – Закона «Повышения эффективности использования потоков вещества, энергии и информации»). Целесообразно вспомнить историю возникновения и развития этого закона.

Предшественником закона является сформулированный Г.Альтшуллером закон минимальной энергетической проводимости систем [3]. В ходе развития системы ЗРТС этот закон оставался долгое время практически неизменным (с 1975 по 2002 г, если судить по датам публикаций). В частности, в книге [4] закон упомянут мельком, как часть закона повышения согласованности в системах; в работе Ю.Саламатова [5] закон воспроизводится почти дословно.

В книге В.Петрова [6] закон рассмотрен как увеличение удельной энергонасыщенности систем и является субтрендом закона перехода системы на микроуровень. Но здесь он уже рассматривается не как требование минимально необходимого уровня, а именно как линия развития систем.

В работе С.Литвина и А.Любомирского [7] закон полностью переработан и рассматривается как "закон повышения эффективности использования потоков вещества, энергии и информации".

Нетрудно увидеть, что и у В.Петрова, и у С.Литвина с А.Любомирским это, по существу, совершенно новый закон, не столько развивающий предшественника, сколько находящийся рядом:

- Во-первых, в этой формулировке закона говорится не о возможности возникновения системы, а о путях усовершенствования уже существующей работоспособной системы
- Во-вторых, в работе [7] существенно расширен круг рассматриваемых потоков с «потоков энергии» до «потоков вещества, энергии и информации», т.е. до всех видов потоков, существующих в системе.

При этом, описание закона является не столько трендом (линией развития), сколько перечнем механизмов (по существу рекомендаций по улучшению потоков в системе). Список приведенных механизмов весьма обширен и составляет 42 пункта, они структурированы по типам потоков и разделены на две группы, подразумевающие "изменение проводимости потоков" и "изменение эффективности потоков". Именно эту

версию закона и его рекомендации по проведению ПА мы и выберем в качестве прототипа для дальнейшей работы.

## ЧТО БУДЕМ УЛУЧШАТЬ?

Прежде всего – определения. Серьезным недостатком большинства теоретических работ в ТРИЗ является недостаточное внимание к терминам и определениям. В частности, С.Литвин и А.Любомирский формулируют 4 основных тренда данного закона (паразитные потоки, как частный случай вредных, описаны почти слово в слово с вредными):

- Повышение эффективности использования полезных потоков
- Снижение повреждающей способности вредных потоков
- Повышение проводимости полезных потоков
- Снижение проводимости вредных потоков.

Первые два тренда очевидны до тривиальности и тривиальны до полной неинструментальности. Зато и спорить с ними совершенно невозможно. Правда, очевидные вещи бывает полезно сформулировать в явном виде в формате аксиом, что и было сделано.

А вот с двумя другими трендами есть серьезные проблемы.

- Повышение проводимости полезных потоков
- Снижение проводимости вредных потоков.

Прежде всего, "**проводимость потока**" звучит аналогично понятиям "**сопротивление электричества**" или "**проводимость воды в трубе**". Речь, все-таки, должна идти о проводимости **каналов** (трактов) потока ("**сопротивление проводника** электрическому току"). Дело не в простом согласовании падежей в русском тексте, а в выделении существенно различных категорий, ранее смешанных в едином термине.

Поэтому сначала попробуем уточнить некоторые ключевые термины.

### **В данной работе**

- Будем называть потоком такое перемещение материальных объектов, энергии или информации в системе, при котором отдельные части потока перемещаются по одному и тому же закону одни за другими (частично поток может перемещаться в надсистеме, но ключевым является его наличие и перемещение в рассматриваемой системе),

- Будем называть источником потока компонент системы, формирующий поток и задающий его первоначальные параметры,
- Будем называть каналом потока компонент системы, определяющий траекторию перемещения потока (при этом канал может быть распределенным в пространстве, не иметь четких однозначно заданных границ),
- Будем называть потребителем тот компонент системы, который преобразуется под воздействием данного полезного потока, или тот, который непосредственно повреждается рассматриваемым вредным потоком.



Примечания:

- Указанные формулировки не являются абсолютно общими для всех мыслимых случаев, но достаточны для прикладных целей (анализ ТС и выработка предложений по их совершенствованию).
- Отнесение тех или иных элементов системы к одному из определенных компонентов не является безусловным и определяется особенностями решаемой задачи.
- В значительной части систем поток является объектом преобразования, а не субъектом. Соответственно, «Потребитель» является субъектом и его правильнее было бы назвать "преобразователь" потока. Однако, для нужд практического потокового анализа существенной разницы нет, поэтому эту специфическую особенность из дальнейшего рассмотрения опускаем.

При такой формулировке оказываются разделены четыре типа компонентов системы, функционально существенно разных по отношению к рассматриваемому потоку:

- сам поток, как субъект преобразования
- источник потока,
- канал для удержания/ограничения/направления потока,
- потребитель - компонент, на который поток непосредственно воздействует, изменяя хотя бы один из его параметров.

В терминах " субъект - функция - объект " канал преобразует поток, поток преобразует изделие. Существенная деталь – минимальная ФМ состоит из элемента потока и канала. Источник и потребитель могут не включаться в ФМ.

Усложнение модели (введение новых дополнительных элементов) кажущееся.

Явная запись компонента, ранее подразумевавшегося по умолчанию

- упрощает анализ модели,
- выявляет прямую, не опосредованную связь между потоковой и функциональной моделями, а также потоковой модели с ЗРТС. В частности:
  - В потоковой модели появляется возможность оперировать другими компонентами системы (источником, каналом, потребителем)
  - В функциональной модели кроме компонентов появляются все рассматриваемые потоки.
  - В явном виде появляется возможность согласования четырех компонентов системы (источника, потока, канала и изделия), конкретизируются компоненты, за счет которых может расти управляемость потоком (источник и канал) и т.д.

В предложенных формулировках достаточно четко разделяются и упомянутые пары трендов:

- Повышение эффективности использования полезных потоков **потребителем**
- Снижение повреждающей способности вредных потоков по отношению к

**другим элементам ТС**

НО:

- Повышение проводимости **каналов** полезных потоков
- Снижение проводимости **каналов** вредных потоков

В такой формулировке тренды становятся гораздо более понятными. При этом:

- становится очевидной неполнота существующей формулировки закона,
- вторая пара трендов по-прежнему вызывает серьезные возражения.

Простые примеры:

- Полезный поток топлива в ДВС. При повышении проводимости канала этого потока дополнительное поступление топлива в камеры сгорания приведет к неполному сгоранию, что, в свою очередь, приведет к целому ряду серьезных проблем.

- Полезный поток горячей воды или пара в рубашке теплообменника. При повышении проводимости этого канала тепло будет удаляться из системы, хотя нам нужно наоборот.
- Вредный поток джоулева тепла при прохождении электрического тока по электронной схеме при снижении проводимости канала этого потока будет дополнительно разогревать плату, хотя нужно опять-таки наоборот.
- Полезный поток электрического тока в лампе накаливания при повышении проводимости проводника приведет к изменению ее номинала, а выше определенного предела попросту - к перегоранию лампы.
- Полезный поток полуфабриката к какому-то исполнительному механизму (потребителю потока) при повышении проводимости выше определенного предела приведет к затовариванию потребителя и/или необходимости вводить буфер-накопитель.

Разумеется, можно оговориться разными способами. Типовой способ преодоления этих несуразностей при проведении ПА или анализа по ЗРТС выглядит так: "в данном случае действует другой субтренд...". Однако, **такого рода оговорки (и даже сама по себе их необходимость) резко снижают инструментальность метода.**

Разумеется, увеличение проводимости канала потока часто оказывается очень даже полезным. Приемы такого увеличения подробно рассмотрены в действующей версии закона и остаются верными и, безусловно, полезными. То же самое касается случаев уменьшения проводимости канала.

Предложенные уточнения понятий, при всей кажущейся простоте, позволяют существенно повысить эффективность проведения ПА.

## АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА

Предлагается следующая логика проведения ПА

1. Построение ПМ по существующей методике – прототипу
2. Выявление недостатков потоков в соответствии с рекомендациями
3. Уточнение выявленных недостатков, с определением их типа:
  - Неадекватные параметры и функции потока
    - Неадекватные и вредные функции потока,
    - Избыточный фактор расплаты за функционирование потока

- Неадекватные параметры и функции канала
    - Неадекватные и вредные функции канала
    - Избыточный фактор расплаты за формирование и функционирование канала
4. ТОЛЬКО ДЛЯ ВЫЯВЛЕННЫХ проблемных участков потоков строим уточненные ПМ, в которых в явном виде разделяем собственно поток и канал
  5. На основании п.4 строим функциональную модель для компонентов, связанных с проблемным потоком и проводим стандартный ФА. (Собственно говоря, это – стандартный и широко применяемый практиками прием: строить детальную ФМ более глубокого системного уровня для проблемной части системы, выявленной моделями верхнего уровня)
  6. Для устранения недостатков, выявленных при построении ФМ по п.5 использовать рекомендации закона повышения эффективности использования потоков вещества, энергии и информации. При этом удобно воспользоваться классификацией потоков и трендами, характерными для разных типов потоков. Попытка такой классификации и трендов приведена в работе [8]

## ВЫВОДЫ

Предложенный подход:

- Не является методикой прямого объединения двух методически достаточно разных инструментов. По существу, предложенный подход позволяет применить к удобной и наглядной потоковой МОДЕЛИ хорошо отработанные и многократно доказавшие свою эффективность приемы и методы функционального АНАЛИЗА.
- Легок в применении и может быть быстро освоен специалистами, владеющими ФА и ПА порознь. При этом, подход может быть применен специалистами, использующими различные варианты как ФМ, так и ПМ. Не секрет, что реальные модели каждый специалист строит немного по-своему. Поэтому жестко прописанный алгоритм может оказаться непригоден для многих специалистов.

Разумеется, было бы заманчиво провести полное объединение двух моделей, как это было сделано, например, в [1]. Но на выходе получаем очень громоздкую модель, перегруженную как информацией, так и графическими элементами. Предложенный



подход позволяет, на наш взгляд, получить достаточно весомые результаты при не слишком больших трудозатратах.

---

1 Кашкаров А.Г. «Вещественно-энергетические преобразования в технической системе. Методика построения и анализа моделей». 2009. <http://www.triz-summit.ru/ru/203864/204357/204590/>

2 Герамсимов О.М. «Технология выбора инструментов инновационного проектирования на основе ТРИЗ-ФСА». 2010. <http://www.triz-summit.ru/ru/203864/204737/204739/>

3 Альтшуллер Г.С., Творчество как точная наука. - М.: Сов. радио, 1979. Законы развития систем; 2. Закон «энергетической проводимости» системы  
<http://www.altshuller.ru/triz/zrts1.asp#12>

4 Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В. и др., Поиск новых идей: от озарения к технологии (теория и практика решения изобретательских задач), Кишинев, "Карта Молдовеняскэ", 1989 г.  
[http://www.trizway.com/content/poisk\\_novih1.pdf](http://www.trizway.com/content/poisk_novih1.pdf) ч. 1, стр. 56

5 Саламатов Ю.П., 1991-1996г. "Система Законов Развития Техники (Основы Теории Развития Технических Систем)". <http://www.trizminsk.org/e/21101440.htm> ; Yuri Salamatov, TRIZ: the Right Solution at the Right Time: a Guide to Innovative Problem Solving  
<http://vietnamwcm.files.wordpress.com/2008/07/inovative-problem-solving.pdf>

6 Владимир Петров, Серия статей «Законы развития систем», 24 сентября 2002 г.  
<http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-12-microlevel.pdf> стр.2; <http://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/zrts-16-energo.pdf>

7 Литвин С. С., Любомирский А.Л. Законы развития технических систем, февраль 2003,  
<http://www.metodolog.ru/00822/00822.html> п. 5.1.4.

8 Лебедев Ю.В. Классификация потоков в технических системах, 2011.  
<http://www.metodolog.ru/node/967>