

Лебедев Юрий Валентинович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ
ПОТОКОВОГО АНАЛИЗА

Диссертационная работа для проведения сертификации по ТРИЗ
на высший уровень (Мастер ТРИЗ)

Научный руководитель - Мастер ТРИЗ С. А. Логвинов

Санкт Петербург
2015

Оглавление

1. Введение	4
1.1. Актуальность темы исследования.....	4
1.1.1. Цели исследования	4
1.1.2. Обзор известных подходов по данной проблеме	4
1.2. Развернутая постановка проблемы	6
1.3. Методы решения поставленной проблемы.	7
1.4. Результаты проведенного исследования.....	7
1.4.1. Результатом работы являются:.....	7
1.4.2. Практическая значимость исследования	7
1.5. Основные положения, выносимые на защиту.....	7
1.5.1. Связь потоков и других компонентов системы.....	7
1.5.2. Классификация потоков.....	8
1.5.3. Методика построения потоковой модели	9
1.6. Личный вклад соискателя.....	9
2. Потоки и их связь с другими компонентами системы	10
2.1. Функционально полная ТС и ее связь с ФА	10
2.2. Функционально-полная подсистема потока.....	11
2.3. Канал потока как основной инструмент управления потоком	13
2.4. Параметрическое описание потоков.....	14
2.5. Типы источников.....	14
2.5.1. Поток от источника разности потенциалов.....	14
Линейный и нелинейный потоки от источника разности потенциалов	15
2.5.2. Поток от источника элементов	15
3. Типы потоков (классификация)	16
3.1. Возможность и целесообразность классификации потоков	16
3.2. Разделение потоков по функциональности.....	17
3.2.1. Типовые приемы оптимизации полезных и минимизации вредных потоков с учетом основных компонентов	17
3.3. Классификация потоков по другим признакам	20
3.3.1. Разделение потоков по источнику (первичный или вторичный).....	21
3.3.2. Разделение потоков по признаку функционал или носитель.....	21
3.3.3. Разделение потоков на замкнутые и открытые	22
3.3.4. Разделение потоков по связности	23
3.4. Пример классификации	24

4.	Вредные потоки. Приемы работы с потоками в зависимости от классификации.....	26
4.1.	Небольшое терминологическое отступление.	26
4.2.	Снижение проводимости каналов внешних вредных потоков на входе в систему (вплоть до формирования непроницаемого барьера этому потоку).....	26
4.3.	Управление формированием вторичных вредных потоков (снижение удельных характеристик потока).....	27
4.4.	Управление формированием паразитных потоков.....	28
4.4.1.	Формирование паразитного потока как признак противоречия	28
4.5.	Управление каналом вредного потока внутри системы.....	29
4.5.1.	Канализация вредных потоков - повышение проводимости каналов удаления вредных потоков, движущихся внутри системы	29
4.5.2.	Снижение проводимости канала.....	30
4.5.3.	Введение в канал «бутылочных горлышек»	30
4.5.4.	Введение в канал «застойных зон».....	30
4.5.5.	Введение «застойных зон» в канал комбинированного потока. Фильтрация потока. 31	
4.5.6.	Утилизация вторичных вредных и паразитных потоков.....	31
4.6.	Использование вторичного потока внутри системы	31
	Использование производственного брака в качестве возвратных отходов	32
4.7.	Согласование вредных потоков по другим параметрам	33
5.	Полезные потоки. Приемы работы с потоками в зависимости от классификации.....	33
5.1.	Согласование как принцип совершенствования полезных потоков	33
5.2.	Согласование главных полезных потоков по интенсивности (расходу).....	34
5.3.	Согласование вспомогательных полезных потоков по интенсивности	35
5.4.	Буферизация потоков как инструмент согласования.....	37
	Встроенные источники ресурсов	37
5.5.	Управляемость полезных потоков	38
	Два типа управления интенсивностью потока	38
6.	Особенности замкнутых потоков	39
6.1.	Канал замкнутого потока	40
6.2.	Полезный замкнутый поток.....	40
6.3.	Вредный замкнутый поток	40
7.	Особенности потока-носителя	41
7.1.	Заменимость носителя.....	41
7.2.	Вредность носителя.....	41
7.3.	Основные приемы оптимизации потока-носителя	41

7.4. Использование субтрендов для вспомогательных полезных и вторичных вредных потоков.	42
7.5. Замкнутые (оборотные) потоки-носители	42
8. Алгоритм потокового анализа.....	43
8.1. «Пошаговый алгоритм» проведения потокового анализа	44
8.2. Переход от потокового анализа к функциональному	48
8.3. «Пошаговая стратегия» проведения потокового анализа	48
9. Список использованной литературы	49

1. Введение

Работа посвящена уточнению закона повышения эффективности использования потоков вещества, энергии и информации, и усовершенствованию методики потокового анализа.

В работе проведен анализ потоков в системе и сформулированы рекомендации по повышению практической ценности результатов потокового анализа за счет изменения формулировок и выводов текущей версии «закона повышения эффективности использования потоков вещества, энергии и информации» в редакции С. Литвина и А. Любомирского. Также даны рекомендации по усовершенствованию методики и процедуры проведения потокового анализа.

1.1. Актуальность темы исследования

1.1.1. Цели исследования

Целью данной работы является повышение инструментальности закона оптимизации потоков и разработка практического алгоритма потокового анализа.

1.1.2. Обзор известных подходов по данной проблеме

Закон оптимизации потоков

Предшественником исследуемого закона является сформулированный Г.Альтшуллером закон минимальной энергетической проводимости систем [1]. В ходе развития системы ЗРТС этот закон долгое время (с 1975 по 2002 г, если судить по датам публикаций) оставался практически неизменным. В частности, в книге Г.Альтшуллера, А.Зусман, Б.Злотина и др. [2] закон упомянут мельком, как часть закона повышения согласованности в системах; в работе Ю. Саламатова [3] закон воспроизводится почти дословно.

Опыт практического применения закона привел к попыткам его совершенствования. Первой работой, в которой проводится самостоятельный анализ потоков с точки зрения ТРИЗ, является статья Ю.Хотимлянского [4]. В книге В.Петрова [5] 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.

Затем И.Гриднев [не опубликовано, по сообщению А. Любомирского] выдвинул идею распространить этот закон на весь период жизни системы. При этом он установил, что в процессе развития ТС проводимость ее частей, несущих потоки энергии, обычно возрастает, и выявил механизмы, обеспечивающие это повышение проводимости.

Поэтому данная версия закона получила название "Закон повышения энергопроводимости".

В работе С. Литвина и А. Любомирского [6] этот подход был распространен также на потоки вещества и информации. В предложенной ими системе законов развития техники появился "Закон повышения проводимости потоков вещества, энергии и информации" (в сокращенном виде - просто "Закон повышения проводимости потоков"). Эта версия получила наиболее широкое распространение, именно она выбрана прототипом для дальнейшей работы.

Нетрудно увидеть, что у С. Литвина и А. Любомирского это, по существу, совершенно новый закон, не столько развивающий предшественников, сколько находящийся рядом, так как:

- В этой версии закона говорится не о возможности существования системы, а о путях совершенствования уже работоспособной системы
- Существенно расширен круг рассматриваемых потоков с энергии до всех видов существующих в системе потоков.

Описание закона в [6] содержит не только определение самого закона (тренда), но и перечень субтрендов(линией развития). Они, по существу, являются набором рекомендаций по улучшению потоков в системе. Список субтрендов весьма обширен и составляет 42 пункта. Их структурирование проведено по типам потоков и разделению механизмов на "изменение проводимости потоков" и "изменение эффективности потоков".

Потоковый анализ

Потоковый анализ появился и получил распространение как инструмент, хорошо дополняющий слабые места Функционального Анализа (ФА). ФА появился в ТРИЗ как инструмент для поиска «правильных» недостатков [7] [8]. Однако, помимо собственно ФА, в оборот быстро вошел и так называемый «функциональный подход», на базе которого созданы (и продолжают создаваться) весьма эффективные производные инструменты.

Причины этого понятны. В отличие от традиционного в инженерной практике покомпонентного подхода функциональный позволяет:

- Рассмотреть задачу с другой стороны, то есть снять блок психологической инерции,
- Абстрагироваться на время от устройства конкретных компонентов и сосредоточиться на выполняемых ими функциях.

В ФА система описывается в виде графа, узлами которого являются компоненты системы (чья структура не раскрывается), а связями – выполняемые компонентами функции. При этом звенья графа оказываются элементарными машинами, описываемыми в терминах «объект – функция - субъект». При всей кажущейся чрезмерной упрощенности подход оказывается настолько продуктивным, что, например, в методике GEN3:ID он в результате стал одним из ключевых элементов.

Потоки в технической системе являются специфическими компонентами. Главная особенность потока как компонента – распределенные (в пространстве и времени) параметры. Остальные компоненты системы (стационарные) локализованы в пространстве. Из-за этого отличия потоки крайне неудобно вписываются в функциональный подход. Поэтому возник специальный инструмент – потоковый анализ (ПА).

Основной работоспособный алгоритм ПА описан в работе [9]. Хотя работа опубликована только в 2010 г., описанная в ней методика потокового анализа эффективно применялась в компании в GEN3/Алгоритм как минимум с 2003 года. Несмотря на вполне приличную

эффективность методики, специалистами GEN3/Алгоритм предпринималось несколько попыток ее совершенствования. В 2008 году А. Ефимов показал возможность объединения ПА и ФА при анализе процессов [10]. В 2009 году А. Кашкаров в диссертационной работе представил вариант объединения потокового и функционального анализа [11]. В 2010 году В. Васильев в неопубликованной работе «Методика построения цепочек потоков энергии в механических ТС» рассмотрел последовательное преобразование потока в системе.

Проблемы и недостатки существующих методик

В целом совместное применение ФА и ПА стабильно дает хорошие результаты. Однако, опыт их практического применения позволяет сформулировать ряд проблем и недостатков. На уровне собственно ПА это:

- Отсутствие внятного алгоритма параметризации потоков (подробно проанализировано далее в тексте)
- Отсутствие конкретных рекомендаций, позволяющих выбирать один из 42 имеющихся субтрендов
- Сложность корректного разделения вредных и паразитных потоков в системе
- Некорректное применение понятия «проводимость потока» (подробно проанализировано далее в тексте)

На уровне взаимодействия ФА и ПА

- Отсутствие однозначной связи между элементами функциональной и потоковой модели, что затрудняет формулирование ключевых недостатков
- Отсутствие связи между параметрами элементов ФМ и потоков, что затрудняет формулирование требований к параметрам элементов.

Кроме того, в базовых работах почти полностью разделены процедуры составления потоковой модели и анализа этой модели. Так, в работе О. Герасимова [9] после подробного описания построения модели сказано «Провести анализ потоковых моделей» и далее буквально несколько строк, отражающих основные заголовки соответствующей главы из работы С. Литвина и А. Любомирского.

В работе же С. Литвина и А. Любомирского [6] сказано:

- « -Выбрать потоки и их звенья, с которыми связаны существенные недостатки.
- Выбрать механизмы закона, которые имеет смысл применить для устранения недостатков.
- Критерии выбора: результаты предыдущего анализа, наличие ресурсов».

И ни слова не сказано о процедуре построения анализируемой модели, т.е., того самого выбора анализируемых далее потоков.

В данной работе проведено объединение двух указанных частей работы: построение модели и ее анализ.

1.2. Развернутая постановка проблемы

Для повышения инструментальности использования закона оптимизации потоков и потокового анализа необходимо уточнить некоторые понятия и определения, связанные с прохождением потоков в системах, уточнить некоторые формулировки закона и в связи с этим предложить новые методические рекомендации, опирающиеся на указанные формулировки и понятия.

1.3. Методы решения поставленной проблемы.

Основными методами решения поставленной задачи были:

- обобщение опыта применения потокового и функционального анализа и ЗРТС-анализа (в формате GEN3/Алгоритм),
- метод классификации объектов и понятий.

1.4. Результаты проведенного исследования.

1.4.1. Результатом работы являются:

- Введение в понятийную базу потокового анализа стационарных компонентов, связанных с потоками
- Соответствующее уточнение положений и формулировок закона оптимизации потоков
- Выявление и описание связи потокового и функционального анализов, рассмотрение потокового анализа как частного случая функционального.
- Классификация потоков по типам
- Уточнение приемов и рекомендаций по совершенствованию потоков в системе с учетом их классификации
- Предложены три варианта проведения потокового анализа с указанием рекомендуемых ситуаций по применению того или иного варианта.

1.4.2. Практическая значимость исследования

Применение итогов дает возможность повысить эффективность проводимого анализа, в том числе:

- выявить новые задачи, которые не выявляются ФА или ПА, применяемыми порознь,
- уточнить задачи, связанные с прохождением потоков, за счет более точной их (задач) локализации

Кроме того, методика позволяет упростить поиск направлений решения потоковых задач за счет более подробной классификации потоков.

1.5. Основные положения, выносимые на защиту

В качестве методической основы построения потоковой модели выбран функциональный подход в параметрической форме, принятый в качестве основы методики GEN3:ID. И, соответственно, в качестве прототипа выбраны функциональное и потоковое моделирование, применяемое в методике GEN3:ID.

В качестве теоретической основы анализа получаемых моделей выбрана система ЗРТС также в форме трендов, принятых в методике GEN3:ID.

В части потокового моделирования и анализа в указанную систему внесены следующие изменения:

1.5.1. Связь потоков и других компонентов системы.

- Введено определение потока (ранее отсутствовавшее) как динамического компонента системы.

- В соответствии с этим предложено рассматривать потоковый анализ как специфический частный случай функционального. Предложено соответствующее уточнение модели функциональной полной системы.
- На базе модели функционально полной системы выделены 4 вида статических компонента функциональной модели, обязательно сопутствующие любому проходящему в системе потоку:
 - Источник,
 - Канал,
 - Приемник,
 - Система управления,

Аналогично функциональной модели каждый из этих компонентов (кроме канала) может отсутствовать в явно выраженном виде или находиться в надсистеме.

- Выявлены два основных типа источника, и рассмотрены их основные особенности:
 - Источник потенциала,
 - Источник тока.

Показано, что учет этих особенностей должен привести к более адекватному выбору стратегии развития (совершенствования) системы, содержащей потоки.

- Также выявлены два основных типа системы управления:
 - Типа «насос»,
 - Типа «вентиль».

Показано, что учет выбранного типа системы управления также позволяет более осознанно выбирать стратегию совершенствования потока и системы в целом.

- Приемник потока, как правило, является рабочим органом, т.е. – ключевым элементом функционально полной ТС. Его анализ, чаще всего, не относится к задачам развития потока, являясь анализом более высокого системного уровня. Поэтому в данной работе не рассматривался.
- Показано, что канал потока является наиболее часто встречающимся элементом совершенствования потока (наряду с собственно потоком).
- На основе такого выделения статических компонентов, связанных с потоком, систематизированы и уточнены приемы усовершенствования потоков, предложенные в системе трендов.
- В частности, показано, что рекомендуемое трендами снижение проводимости канала вредного потока является нечастным частным случаем. Значительно эффективнее действует (и чаще встречается) т.н. «канализация вредного потока», при которой формируется новый канал такого потока, направленный на выведение потока из системы. И проводимость такого канала, наоборот, должна быть большой.

1.5.2. Классификация потоков.

- Будучи частным случаем компонентов функциональной модели, потоки, тем самым доступны классификации по ряду частных признаков. Такая классификация позволяет точнее описать особенности различных потоков. Тем самым появляется возможность предложить дополнительные рекомендации, специфичные для потоков разных типов.
- Предложена классификация по следующим признакам:

- Разделение потоков по функциональности(полезные, вредные и паразитные)
- Разделение потоков по источнику (первичный или вторичный),
- Разделение потоков по признаку "конь-всадник" (функционал или носитель),
- Разделение потоков на замкнутые и открытые,
- Разделение потоков на дискретные, сплошные и комплексные.
- В частности предложена более четкая дефиниция, позволяющая различать вредные и паразитные потоки и, соответственно, предложить разные рекомендации для них:
 - Вредные потоки – потоки, выполняющие вредную функцию (и не имеющие главной полезной функции), predetermined принципом действия системы. Например, углекислый газ при сгорании топлива в двигателях внутреннего сгорания.
 - Паразитные потоки – также потоки, выполняющие вредную функцию (и не имеющие главной полезной функции), но НЕ predetermined принципом действия системы. Например, окислы азота и закись углерода при неадекватной работе двигателя.
- Для разных типов и видов потоков в соответствии с классификацией описаны их типовые особенности. На основании этих особенностей предложены дополнительные приемы их совершенствования.

1.5.3. Методика построения потоковой модели

- Определены два основных подхода к составлению методик анализа и работы в ТРИЗ. Условно их можно назвать «пошаговая стратегия» и «пошаговый алгоритм».
- Пошаговая стратегия описывает основные направления, оставляя решателю достаточный простор для фантазии и творчества. Пошаговый алгоритм предполагает буквальное или почти буквальное следование достаточно подробно прописанным предписаниям.
- На основе предложенного объединения функционального и потокового анализов разработаны и опробованы две методики, соответствующие стратегии и алгоритму и сочетающие достоинства обоих прототипов.
- Для случаев, когда потоковый анализ показывает целесообразность сосредоточить усилия на том или ином статическом компоненте, разработана и опробована методика перехода от потокового анализа к функциональному.

1.6. Личный вклад соискателя.

Постановка задачи исследования, разработка методики и проведение исследования, анализ результатов и разработка на их основе методических рекомендаций по проведению потокового анализа являются личным вкладом соискателя.

- Лебедев Ю.В. Структурирование закона повышения эффективности использования вещества, энергии и информации, 2011. <http://www.metodolog.ru/node/850>
- Лебедев Ю.В. Классификация потоков в технических системах, 2011. <http://www.metodolog.ru/node/967>
- Лебедев Ю. В. Метод определения несогласованных параметров, 2011. <http://www.metodolog.ru/node/992>

- Логвинов С.А., Лебедев Ю.В. «Неразрешимые вторичные задачи» - классификация и способы идентификации, ТРИЗ-Саммит-2012. <http://triz-summit.ru/ru/confer/TDS-2012/205327/205392/205551/>
- Лебедев Ю.В., Логвинов С.А. Интеграция потокового и функционального анализа, ТРИЗ-Саммит-2014. <http://triz-summit.ru/ru/confer/TDS-2014/article/>
- Т.В. Кузнецова, Ю.В. Лебедев, Д.Н. Логачев, С.А. Логвинов Особенности выполнения консультационных проектов на российском рынке, 2014. <http://www.metodolog.ru/node/1780>
- Лебедев Ю. В., Логвинов С.А. Машина Руба Голдберга как объект анализа, 2015. <http://www.metodolog.ru/node/1910>

2. Потоки и их связь с другими компонентами системы

Потоком называется такое перемещение материальных объектов (вещества и энергии) или информации в пространстве, при котором отдельные движущиеся элементы движутся одни за другими, претерпевая изменения по одному и тому же закону (частично поток может перемещаться в надсистеме, но ключевым является его наличие и перемещение в рассматриваемой системе).

Такое определение не является исчерпывающим для всех мыслимых случаев, но достаточно для практической работы.

Существенным в данном определении является наличие какого-то количества элементов дискретного потока или возможность разделения связного потока на отдельные части. Маятник, совершающий возвратно-поступательные движения или вращающаяся ось мотора поток не образуют. Автомобиль на трассе также не образует поток, хотя множество автомобилей на трассе – образует (причем, даже в том случае, если в данный момент времени множество состоит из одного единственного элемента).

Другой важной характеристикой потока является перемещение в пространстве. Вода, текущая в канале, или детали на конвейере образуют потоки. Но после перекрытия канала или остановки конвейера поток прекращается (исчезает), хотя все элементы потока остаются в системе. То есть, поток есть не просто набор элементов, но набор элементов в движении. Поэтому **поток является динамическим компонентом ТС**, что и является его главным отличительным признаком. Это - важный признак, отличающий поток от других, «статических», компонентов ТС: поток может «исчезать» из системы без изъятия из нее каких-либо частей.

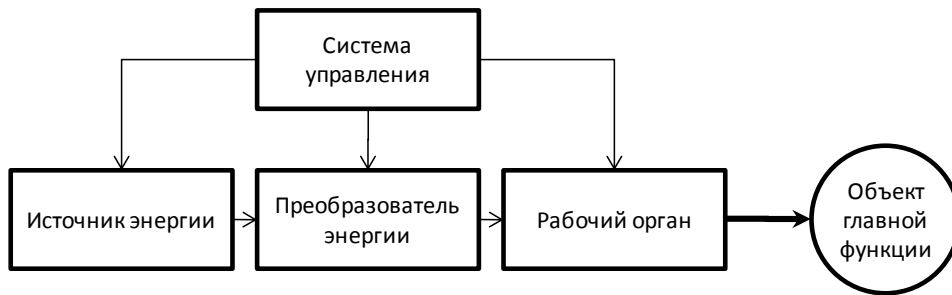
2.1. Функционально полная ТС и ее связь с ФА

Функциональный подход в ТРИЗ, хотя и был сформулирован достаточно поздно, восходит к самому возникновению ТРИЗ. А именно, к закону полноты частей системы, сформулированной Г. Альтшуллером в качестве первого из законов развития техники [например, в 1]:

«Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы. Каждая техническая система должна включать четыре основные части: двигатель, трансмиссию, рабочий орган и орган управления».

Для общности имеет смысл заменить в этой формулировке понятия двигатель и трансмиссия на источник энергии и преобразователь энергии.

Общая схема функционально полной ТС выглядит при этом так:

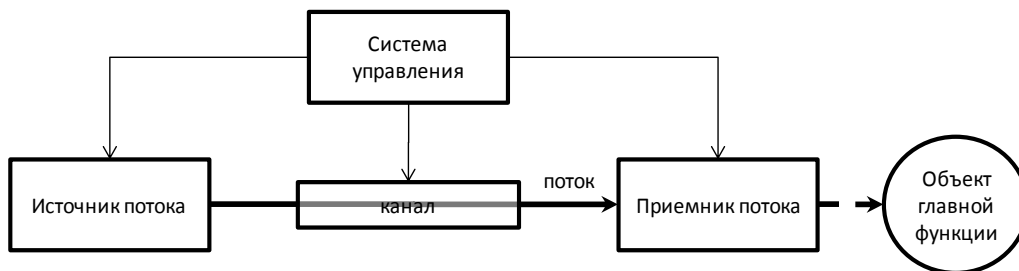


Разумеется, реальные системы, как правило, сложнее. Данный закон устанавливает лишь минимально необходимые для работоспособности компоненты.

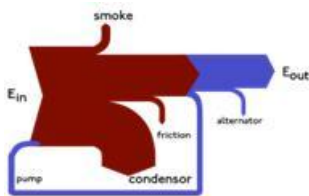
Функциональная модель (ФМ), по существу, и является такой развернутой схемой. Причем, надо понимать, что каждая функция ФМ выполняется своей функционально полной минимашинной. При этом компонент, который отображен на ФМ, может включать всю эту машину в своем составе, а может использовать другие компоненты.

2.2. Функционально-полная подсистема потока

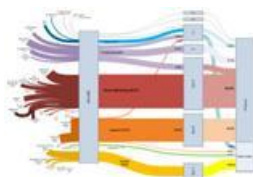
В случае с потоком он не локализован в точке. Поэтому схема функционально полной минимашинной, оперирующей потоком, должна выглядеть несколько иначе.



Более традиционные для потокового анализа Санки-диаграммы (см., например, [12])



- либо полностью игнорируют компонентную составляющую, либо, как минимум – функциональные (вне потока) связи между компонентами:



В данной работе поток рассматривается как своеобразный, но один из компонентов системы. Также в описание потока введены такие компоненты его реализации, как источник, канал и приемник. Более того, на самом деле в реальном анализе это происходит всегда, без чего анализ превращается не более чем в красивое оформление.

Таким образом, можно сформулировать три важных вывода:

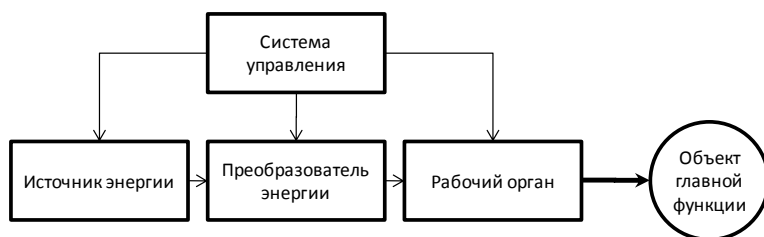
1. Поток является одним из компонентов системы и в этом качестве выполняет одну или несколько функций. Функция потока при этом определяется также как и в ФА, т.е., как действие по изменению как минимум одного параметра объекта функции.
2. Поток в системе, аналогично компонентам в ФА, всегда связан с набором других компонентов таким образом, что вместе они образуют виртуальную машину, обеспечивающую выполнение функции потока.
3. Рассмотрение потока с другими функциональными (стационарными) компонентами позволяет провести совместный потоковый и функциональный анализ, что может заметно улучшить качество анализа.

Первый вывод очевиден до тривиальности. Но, к сожалению, до сих пор не вербализован должным образом. В частности поэтому функциональный и потоковый анализы до сих пор выполняются как два совершенно не связанных между собой вида анализа.

Второй вывод тоже понятен. Более того, в реальных проектах компоненты, связанные с потоком, и их свойства тоже всегда учитываются. Но при этом они рассматриваются только в их отношении к потоку. А ведь они одновременно являются также и компонентами системы и обладают, как правило, функциональными связями, рассматриваемыми на ФМ. При этом их функциональные связи влияют на взаимодействие с потоком и наоборот. Простейший пример: поток в трубе приводит к коррозии компонентов, которые омывает. Отчего функция стенок трубы «удерживать» начинает выполняться неадекватно. При раздельном использовании ПА и ФА это явление просматривается с трудом. Для того, чтобы учесть это обстоятельство, нужно как-то «выкручиваться» и в том, и в другом видах анализа. Хуже другое: эффект нужно сначала увидеть, а потом включить в анализ. Отчего эффективность анализа резко падает. Все-таки анализ делается для того, чтобы увидеть эффекты функциональных взаимосвязей, а не просто перечислить ранее увиденные эффекты.

Третий вывод открывает путь для создания объединенной методики анализа. Далее будут предложены несколько вариантов такой методики.

Собственно говоря, уже сама первоначальная схема функционально полной машины предполагает такую возможность объединения. При этом, как отмечалось выше, эта схема восходит к самым основам теории. Что подтверждает правомерность предлагаемого подхода. Действительно:



В этой схеме практически в явном виде зафиксированы потоки энергии от источника к преобразователю и далее к рабочему органу и потоки информации от системы управления.

В принципе, вполне можно было бы отметить прямо на этой схеме как потоки, так и функциональные связи. Но нужно понимать, что данная схема – минимальная схема минимально работоспособной машины. ФМ любой реальной ТС всегда сложнее. Совмещение в одной модели и потоков, и функциональных связей приведет к неоправданному усложнению и перенасыщенности модели, что приведет к ее фактической неработоспособности.

Близкий к этому подход предложил А. Кашкаров в своей Мастерской работе 2009 г [11]. С тезисами работы трудно не согласиться. Но, к сожалению, предложенная техника проведения совместного анализа весьма трудоемка, что снижает ее применимость в проектах

2.3. Канал потока как основной инструмент управления потоком

Чаще всего оптимизация потоков происходит за счет усовершенствования канала и в гораздо меньшей степени за счет усовершенствования источника и потребителя.

Это происходит в силу закона неравномерности развития частей системы: как потребитель, так и источник являются рабочим органом (не обязательно главным). Поэтому их развитие происходит ранее развития канала (трансмиссии в формулировке Альтшуллера, когда он говорил о потоках энергии в механических и электромеханических системах). Поэтому, когда в реальном рабочем проекте встает задача оптимизации потоков, оптимизация рабочих органов уже, как правило, проведена и они находятся на том уровне развития, который доступен для данной системы здесь и сейчас. Задача на усовершенствование источников потоков и их потребителей (приемников потоков) ставиться может, но почти всегда в качестве задач на перспективу.

Например, в ДВС имеется поток загрязнений в масле. Как источником, так и «потребителем» этого потока являются узлы трения (случай замкнутого потока). Помимо установки фильтров (управление каналом) можно поставить задачу на снижение трения. Например, магнитные подшипники полностью или почти полностью ликвидируют трение и, тем самым резко снижают загрязнения. Но нужно понимать, что такое преобразование источника если и делается, то из других соображений (снижение трения в движущихся узлах само по себе задача гораздо более важная, чем снижение загрязнения в масле). Поэтому:

- Такая работа продлевается из других соображений и не имеет, как правило, отношения к оптимизации потока масла,
- В любой конкретной системе существующий уровень трения задан либо техническими возможностями, либо экономическими и др. ограничениями и, как правило, не поддается управлению **на этом этапе** развития системы.
- Тем не менее, помнить о такой возможности управления **потоками** следует (хотя использовать ее чаще всего не удается)

Другой пример. На производственной линии поток брака является типичным паразитным потоком, который нужно снижать всегда. Для совершенствования процесса изменяются все три компонента:

- Оборудование, на котором возникает брак (источник потока),
- Система отбраковки и удаления брака (канал потока),
- Оборудование следующей операции (потребитель).

Разумеется, нужно совершенствовать все три. НО:

В перспективных проектах целесообразно разрабатывать оборудование с меньшим выходом брака (источник) и с большими допустимыми отклонениями (потребитель). В неТРИЗовской среде это формулируется как требование к разработчикам оборудования обеспечить больший диапазон входных и меньший диапазон выходных параметров. Аналогичную задачу ставят перед собой и некоторые другие методики усовершенствования систем, например, DFSS. Но ставить такую задачу целесообразно

для фирмы-производителя оборудования, то есть в этом случае рассматривалась бы совсем другая система.

Если же работа ведется для усовершенствования технологического процесса, уже использующего указанное оборудование, то параметры оборудования являются надсистемным фактором, с трудом поддающимся изменениям (производителю хлеба бессмысленно предлагать решения, связанные с разработкой новой печи, равно как и с выведением новых сортов пшеницы). Поэтому в проектах текущего усовершенствования системы управление отбраковкой (каналом потока) часто является единственным доступным способом.

2.4. Параметрическое описание потоков

Функциональный подход к описанию систем подразумевает также и параметрическое описание. То есть – описание главных параметров рассматриваемых функций.

Действительно, функцией называется действие, в результате которого изменяется хотя бы один параметр объекта. Но таким образом описание функции без уточнения ее параметров (параметров указанного действия) становится чисто умозрительным и приводит к появлению пустой функциональной модели, только поясняющей то, что было заранее известно. Не говоря уже о том, что отказ от параметризации приводит к появлению неработоспособных идей, что в лучшем случае влечет за собой потерю времени, а в худшем – вплоть до провала проекта.

При этом в ФМ набор параметров может быть выбран только из общеинженерных соображений. Просто потому, что ФМ имеет дело со всем множеством ТС, различающихся во всем, кроме, пожалуй, наличия четырех обязательных компонентов.

А вот потоки являются частным случаем компонентов и обладают определенными общими признаками. Поэтому появляется возможность классификации по этим общим признакам и, тем самым, хотя бы частичного обобщения процедуры параметризации.

2.5. Типы источников

Потоки можно разделить на два больших типа по типу источника.

- Источник, создающий силу,двигающую поток. Чаще всего это – сплошной (связный) поток.
- Источник, создающий (выдающий) элементы потока. Чаще всего это – дискретный поток.

В первом случае это, например, электрический ток (источник выдает разность электрических потенциалов) и поток воды/воздуха (источник создает перепад давления).

Во втором случае это, например, поток деталей на конвейере (источник – предыдущее оборудование, выдающее детали) и пассажиропоток в общественном транспорте (источник – разного рода помещения, из которых люди выходят на улицу).

Понятно, что такие два типа потоков нужно описывать по-разному и по-разному анализировать.

2.5.1. Поток от источника разности потенциалов

Такие потоки можно описать формулой

$$I = U \cdot \sigma(U) = U/R(U) .$$

I – величина потока, измеряемая в элементах потока за единицу времени (эл. ток в кулонах в сек; поток воздуха в куб м в час и т.п.)

U – потенциал, создаваемый источником. Т.е. – сила, с которой источник действует на поток в пересчете на единицу потока (Вольт = 1 Ньютон на кулон)

σ - проводимость канала, т.е., величина, характеризующая способность канала передавать поток. Измеряется в величине потока на единичный потенциал.

R – сопротивление канала потоку, т.е., величина, характеризующая торможение потока каналом.

Уже из этой формулы сразу видны три важных вывода:

1. Необходимость (актуальность) разделения системы, связанной с потоком, на сам поток, канал и источник: «Сила потока» - характеристика самого потока, разность потенциалов определяется источником, сопротивление – каналом.

Примечание: строго говоря, разность потенциалов между источником и потребителем определяется потенциалом каждого из них. Но все-таки задается эта величина, как правило, именно источником.

2. Инструментальность подхода. Не всегда легко выделить, какой параметр в данной системе является потенциалом, а какой – сопротивлением (если, конечно, речь не идет о классических, «школьных» случаях вроде цепи электрического тока). Но это необходимо сделать: сразу же выясняется, над каким параметром нужно работать.
3. Поскольку в работе над потоком нужно обеспечить заданный «ток», то сразу становится ясно, что сделать это можно двумя путями. Т.е., сразу же намечаются два существенно разных направления дальнейшего совершенствования: работа с «потенциалом» и работа с «сопротивлением».

Линейный и нелинейный потоки от источника разности потенциалов

Потоки от источника разности потенциалов, в свою очередь, могут быть разделены на линейный и нелинейный. Т.е., на такой, где сопротивление не зависит от потенциала или тока, и такой, где зависит.

Нужно сразу оговориться, что истинно линейных потоков не бывает, нелинейность есть всегда. Но в рамках каждой данной задачи и в заданном диапазоне значений нелинейностью часто можно пренебречь. Именно такой поток и называется линейным.

Смысл такого деления в том, что нелинейность означает зависимость не только потока от канала, но и канала от потока. То есть канал в этом случае оказывается динамизирован. В этом заключается причина многих недостатков. Но и многих возможностей.

Линейный поток таких возможностей лишен. И очень часто желательно такую нелинейность ввести. По крайней мере, это – хорошая дополнительная возможность (см. закон динамизации).

В качестве примера достаточно напомнить, что появление нелинейных элементов в электротехнике буквально преобразило мир. Это при том, что доля электроэнергии в общем энергопотреблении осталась сравнительно скромной и далеко не дотягивает до 50% [см., например 13].

2.5.2. Поток от источника элементов

Поток от источника элементов отличается от предыдущего достаточно сильно.

Такой поток характеризуется мощностью источника W_s (source) и пропускной способностью канала W_c (channel).

Поток описывается так:

Если $W_s > W_c$, то величина потока будет равна W_c . Т.е., по каналу пойдет столько элементов, сколько он может пропустить. Но на выходе источника будет либо затор (автомобильная пробка), либо он будет работать не в полную мощность. То есть, налицо ситуация бутылочного горлышка. Но при этом она оказывается описанной не умозрительно, а численно.

Если $W_s < W_c$, то величина потока будет равна W_s . Т.е., по каналу пойдет столько элементов, сколько может выдать источник. Зато канал будет недогружен (полупустые поезда, почти пересохший ручей). Тут тоже – вроде бы все понятно и без дополнительной классификации, но ситуация оказывается параметризованной.

3. Типы потоков (классификация)

3.1. Возможность и целесообразность классификации потоков

Одно из главных достоинств традиционного функционального анализа – его универсальность – достигается за счет очень высокого уровня обобщения. Компоненты рассматриваются как некие универсальные «черные ящики» (разумеется, с возможностью рассмотреть их при необходимости детальнее). Функции часто стремятся обобщить до узкого набора обобщенных функций. Это абсолютно оправдано по ряду причин, но это же ведет и к определенным затруднениям в дальнейшем анализе: рекомендации методики вынужденно обобщены до не меньшего уровня.

Признание потока как специфического компонента системы позволяет применить к ним признаки классификации. Собственно говоря, это факт прослеживается уже и в работе Литвина и Любомирского [6], где проводится первичная классификация потоков. Однако, имеется возможность привести существенно более подробную классификацию потоков, не нарушая общности. И, соответственно, значительно конкретизировать получаемые рекомендации.

В работе Литвина и Любомирского потоки делятся по двум признакам.

- по характеру (потоки вещества, энергии и информации)
- по признаку функциональности (потоки полезные, вредные и паразитные).

Первый признак не вызывает никаких сомнений. Хотя время от времени встает проблема дуалистичности многих потоков. Например, электрический сигнал – это поток электронов в электронной схеме (вещества), электрической энергии или информации? Обычно вопрос решается в зависимости от задачи. Если в задаче интересует информационная составляющая – поток рассматривается как сигнал, если интересует нагрев платы – как энергию, если анализируются физические принципы действия – как электроны (дырки, ионы и т.п.). Но на самом деле, здесь имеется три разных потока, тесно связанных друг с другом. Причем – необязательно с однозначно заданной связью. Эта неоднозначность связи трех видов потоков открывает дополнительные возможности развития (совершенствования) систем. Отказ от учета этого фактора не делает анализ заведомо неверным, но сужает возможности для постановки и последующего решения задач.

Из сказанного следует, что более подробная классификация потоков по сравнению с компонентами

Б) возможна

А) целесообразна.

3.2. Разделение потоков по функциональности

- **Полезные потоки в системе – потоки, предназначенные для выполнения в системе полезной функции** (независимо от качества выполнения),
- **Вредные потоки в системе – потоки, НЕ предназначенные для этого, но неизбежные** в соответствии с принципом действия или приходящие в систему извне (внешние),
- **Паразитные потоки – не обязательные по выбранному принципу действия и выполняющие вредные функции или ухудшающие выполнение полезной функции, возникающие в силу несовершенства конструкции.**

Может показаться, что само по себе признание потоков компонентами системы делает бессмысленным их разбиение на полезные и вредные. Действительно, в функциональном анализе не принято делить компоненты на полезные и вредные. Если вредным называется такой поток, чья главная функция – вредна, то понятно, что этот поток конструкторы не ввели специально. Этот поток либо возник в процессе функционирования, либо пришел из надсистемы. В принципе, могут быть сформулированы вредные стационарные компоненты: компоненты, возникшие в ходе функционирования ТС, или компоненты надсистемы, выполняющие вредные функции. Например, разного рода загрязнения. Понятно, что в ФА появление такого компонента однозначно вызывает задачу на устранение и поэтому никакая дополнительная классификация не нужна.

Однако это не так в случае потока. Выше поток был признан «виртуальным» компонентом, который может возникать и исчезать в результате взаимодействия с другими компонентами. Вредный или паразитный поток может возникать в результате взаимодействия компонентов (в случае паразитного потока – полезного, но неадекватно выполняемого взаимодействия, в случае вредного – вредного взаимодействия). Кроме того, поток перемещается по системе и часто может сложиться ситуация, в которой поток выполняет полезную функцию, для которой и создан, в одном месте системы, а далее уже превращается во вредный. Ну и, наконец, поток может попадать в систему извне.

Таким образом:

- **Вредные потоки в системе объективно существуют**
- **Различные способы их формирования позволяют применить и дополнительную классификацию.**

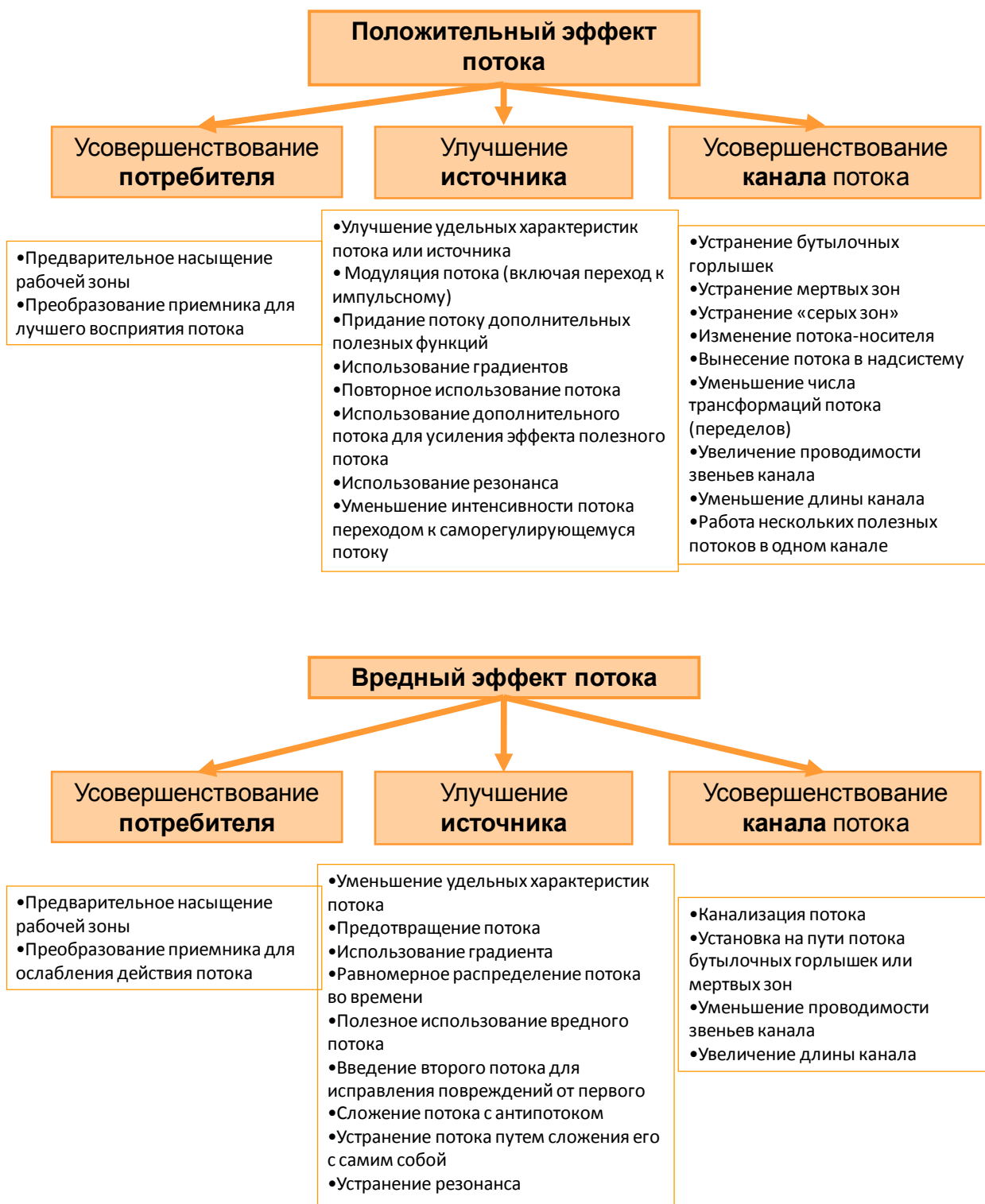
Также как в ФА, можно ставить задачу на безусловное устранение вредных потоков. Но вредный поток (как и «вредный компонент») является неустранимым следствием выбранного принципа действия. Поэтому более детальная классификация потоков имеет большой смысл для правильного выбора путей минимизации вредного потока или его вредного влияния.

3.2.1. Типовые приемы оптимизации полезных и минимизации вредных потоков с учетом основных компонентов

В главе 5.1.4. работы [6] приведено чуть более сорока «субтрендов» оптимизации потоков. По существу этот список является достаточно полным списком **приемов** устранения недостатков, выявляемых при потоковом анализе. Там же эти приемы достаточно подробно описаны и проиллюстрированы примерами. Подробного описания в данной работе не требуется. Некоторые особенности, определяющиеся выделением «стационарных» компонентов, связанных с потоком, а также структурированием потоков, будут приведены позже в главах «Вредные потоки. Приемы работы с потоками в зависимости от классификации» и «Полезные потоки. Приемы работы с потоками в зависимости от классификации»

В известном смысле список является аналогом 40 приемов Альтшуллера. При этом список практически никак не структурирован, кроме разделения потоков на полезные и вредные.

В случае, когда каждому потоку сопоставлены стационарные компоненты, появляется возможность более точных рекомендаций по применению этих приемов.

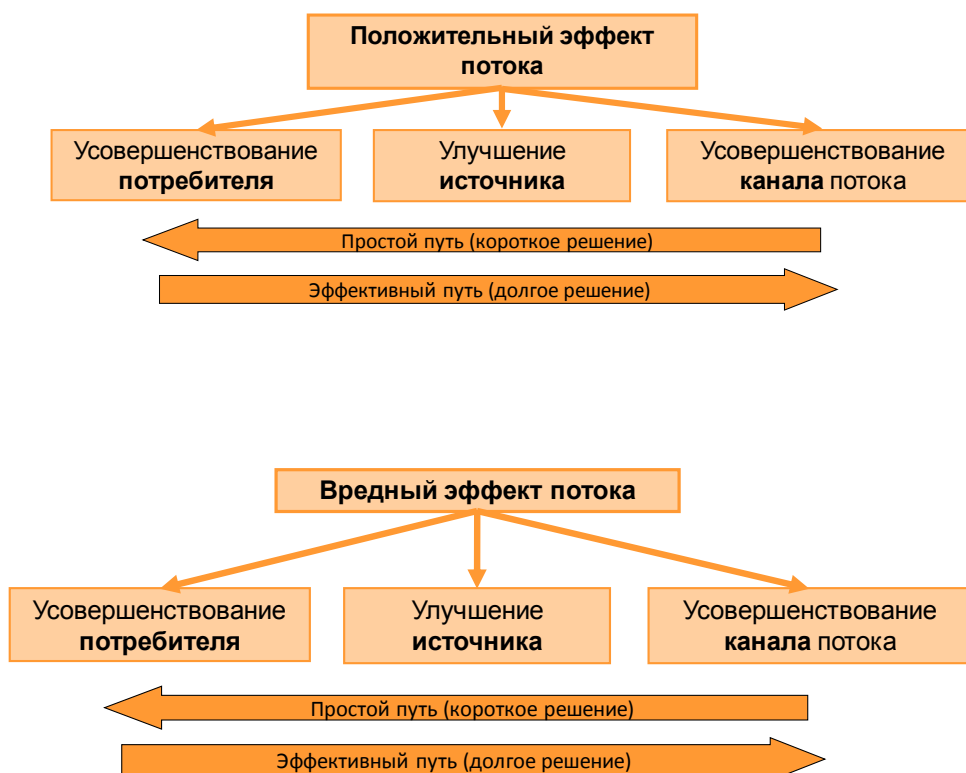


Такое разделение внешне напоминает разделение 40 приемов Альтшуллера, сделанное в АРИЗ-91 (СПб) [14], хотя и отличается по генезису разделения.

Детальное описание отдельных приемов достаточно подробно дано в работе Литвина и Любомирского и не требует дополнительного обоснования. Вместе с тем, предложенное разделение позволяет:

- Повысить эффективность аналитической и решательной процедур, уменьшив перебор вариантов.
- Сфокусировать выявленные недостатки и, соответственно, поставленные задачи на конкретных компонентах анализируемой системы

Кроме того, появляется возможность выбора (или ранжирования) различных решений в зависимости от условий проекта:



Такая возможность обеспечивается законом неравномерности развития частей системы [15], согласно которому первым в системе развивается рабочий орган, далее трансмиссия и затем источник. При этом, как правило, приемник потока является рабочим органом (компонентом более высокого функционального ранга) и, в силу закона неравномерности развития частей системы, развивается раньше других компонентов. Так что к моменту возникновения задачи на оптимизацию потока он часто развит уже до той степени, до которой это возможно «здесь и сейчас». Источник потока, первично формирующий его параметры, является чаще всего компонентом более низкого функционального ранга. Но с другой стороны, он чаще других компонентов является надсистемным компонентом и его усовершенствование также бывает затруднено или нецелесообразно в рамках каждой данной задачи. А вот канал является вспомогательным компонентом, чья единственная полезная функция (по крайней мере, в рамках потокового анализа) – направление потока. Поэтому его совершенствование может проходить безболезненно для функционирования системы в целом. При этом, канал в значительной мере определяет эффективность потока.

В результате, для быстрого, пусть и неглубокого, усовершенствования системы (а такие задачи встают очень часто) сначала нужно попытаться усовершенствовать именно канал, затем – источник (если допустимо по ограничениям проекта) и только в самом конце – рабочий орган (приемник). Если же выставлены требования глубокого

совершенствования системы, то сначала следует проанализировать возможности совершенствования рабочего органа (вплоть до изменения принципа действия), а уж затем обеспечивающих его работу компонентов. Собственно говоря, близкая рекомендация существует и в ФА, где она выражена в виде ранжирования функций по их функциональной значимости (см., например, [16]).

Паразитные потоки, по определению, являются потоками, не неизбежными по принципу действия, но либо выполняющими вредную функцию, либо ухудшающими адекватное выполнение полезной. Поэтому первая рекомендация – полное устранение таких потоков. Если же это не удастся, то далее работа с паразитным потоком должна вестись по тем же правилам, что и для вредных.

3.3. Классификация потоков по другим признакам

Помимо разделения потоков по их характеру (вещество, энергия, информация) и функциональности (полезный, вредный, паразитный) целесообразно также разделение потоков по некоторым другим признакам. Предложенная в данной работе классификация не является единственно возможной, но представляется оптимальной: различение потоков по этим признакам чаще других приводит к существенно разным выводам и рекомендациям:

- **Разделение потоков по источнику (первичный или вторичный),**
- **Разделение потоков по признаку "конь-всадник" (функционал или носитель),**
- **Разделение потоков на замкнутые и открытые,**
- **Разделение потоков на дискретные, сплошные и комплексные.**

Более подробное описание приведено далее.

Ситуативно, в зависимости от решаемой задачи, могут применяться и другие классифицирующие признаки. Такими дополнительными признаками могут служить, например:

- системный ранг (основной или вспомогательный поток) – в зависимости от того, какую функцию в системе выполняет поток,
- локализованный или распределенный,
- стационарный или неравновесный поток,
- легко- или трудно управляемый (трудно контролируемый) поток,
- и т.д. -

- но такого рода классификацию следует вводить ситуативно.

Основным потоком называется поток, непосредственно выполняющий главную функцию системы или обеспечивающий ее выполнение соответствующим компонентом. Вспомогательный поток, аналогично вспомогательной функции в ФА, определяется как поток, обеспечивающий выполнение той функции основным потоком, но самостоятельного значения не имеющий.

Локализованным потоком называется поток, протекающий в канале с четко очерченными границами. Распределенный поток протекает в канале с неустановленными границами или такой, для которого каналом является весь объем системы.

Стационарным потоком называется поток с постоянными во времени параметрами. Неравновесным потоком называется поток, чьи параметры меняются во времени.

Разумеется, всегда, когда проводится реальный анализ в проекте, необходимо учитывать также отраслевую классификацию: постоянный или переменный ток в электротехнике, звук или ультразвук в акустике, групповая или индивидуальная обработка в технологии, и т.д.

3.3.1. Разделение потоков по источнику (первичный или вторичный)

Первичным потоком называется поток, приходящий из надсистемы, вторичным – образующийся в системе.

Совершенно понятно, что работа с такими потоками должна идти по разным правилам, что никак не учитывается в существующем варианте методики.

Например, первичный полезный поток часто однозначно задан по своим параметрам и его модификация практически невозможна. В крайнем случае, возможно преобразование потока, т.е. – формирование нового потока, уже вторичного, из изначального первичного. Понятно, что это – крайний случай, поскольку заведомо усложняет систему. Например, сжатие атмосферного воздуха в ДВС.

При этом понятие вторичного полезного потока прямо отсылает нас к свойствам источника. Т.е. уже само по себе разделение потоков по данному признаку помогает сразу же выделить подлежащий усовершенствованию компонент системы.

Точно также с вредными потоками. Первичный вредный поток нужно (желательно) прямо затормозить на входе. В то же время вторичный вредный поток, по определению, формируется в соответствии с принципом действия и предотвратить его невозможно без смены принципа действия.

Таким образом, уже просто правильная классификация по данному признаку позволяет быстро наметить направления решений.

3.3.2. Разделение потоков по признаку функционал или носитель

Многие потоки в системе выполняют единственную полезную функцию – переносить другой поток. Например, для потоков вещества, это потоки групповой тары в цеховой или транспортной логистике. Их единственное предназначение – переносить какой-то другой поток, который, собственно, и выполняет полезную функцию.

Соответственно:

- **Потоком-носителем называется поток, предназначенный (выполняющий функцию) для транспортировки какого-либо другого потока.**
- **Потоком-функционалом называется поток, собственно выполняющий какую-либо функцию, отличную от функции потока-носителя.**

Явление весьма широко распространенное при рассмотрении потоков вещества. При этом потоки энергии почти всегда, а потоки информации просто всегда требуют участия потока-носителя.

В действующей версии методики встречается лишь один намек на подобное разделение:

«Использование одного потока в качестве переносчика второго. Закономерность развития технических систем, заключающаяся в переходе от независимой передачи разнородных потоков к переносу одного потока другим» [17].

Но тут речь идет о возможности (причем, подчеркивается, что иногда) придать какому-то потоку функцию носителя, не более. Между тем, явление чрезвычайно широко распространено в технике.

При этом наличие в системе полезного потока вещества почти всегда гарантирует существование как минимум двух других полезных потоков, снабженных носителем.

Например:

Казалось бы, что за поток-носитель действует в квартире на воду, которая течет из крана? Но, чтобы вода текла, должно быть управляющее воздействие, для чего нужен поток информации. Этому потоку требуется носитель. А также нужна энергия, чтобы отвернуть кран. У этой энергии также есть свой носитель. Не всегда эти потоки следует учитывать в ПА и решении конкретной задачи. Но важно, что они есть. Например, принцип заменимости носителя (смотри ниже) был применен при проектировании кранов, открывающихся при поднесении рук.

Углеродородное топливо часто является носителем разного рода присадок (а получающаяся при этом смесь является носителем химической энергии)

При групповой обработке обрабатываемые заготовки (полуфабрикаты) располагаются в кассетах (боксах, подложках и т.д.)

Тара - типичный поток носитель

Уже упоминалось, что вода является носителем вспомогательного потока солей при приготовлении разного рода рассолов (а сами рассолы часто используются как носители потока "холод")

Поток трудозатрат оператора (специфический, но вполне реальный вспомогательный полезный поток, стоящий работодателю реальных денег) – типичный поток-носитель. Полезными для производства потоками (функционалами) при этом являются потоки принимаемых решений и предпринимаемых действий. При этом возникает вредный (с точки зрения работодателя) вторичный поток затрат "Labor cost" (не всегда обязательный и очень часто - неадекватный...)

И т.д.

Таким образом, разделение потоков на носитель и функционал является существенно важным и заслуживает самостоятельного анализа.

3.3.3. Разделение потоков на замкнутые и открытые

- **Замкнутыми потоками называются потоки, возвращаемые к своему источнику для повторного использования.**
- **Открытыми потоками называются либо такие потоки, которые выбрасываются в надсистему после использования, либо вовсе диссипирующие.**

В существующем варианте методики [9] рассматриваются исключительно открытые потоки. Такой подход возможен по двум причинам:

- Замкнутые потоки используются значительно реже. Главным образом встречаются как потоки-носители.
- Их можно рассматривать как открытые, поскольку замкнутый поток возвращается к источнику с измененными свойствами, требует какой-то обработки для повторного использования и может поэтому рассматриваться как два различных потока, отличающихся по параметрам (до и после преобразования).

- тем не менее, замкнутый и открытый потоки имеют существенно разные свойства и могут совершенствоваться с помощью разных приемов.

3.3.4. Разделение потоков по связности

Потоки в системе разделяются на:

- Дискретные (многокомпонентные)
- Связные (сплошные)
- Комплексные

Принцип разделения понятен. Например, потоки деталей на конвейере или машин на шоссе – дискретные потоки. Поток состоит из цельных единиц – элементов потока. Любой такой элемент может быть изъят из потока и рассмотрен как самостоятельный компонент системы. Поток образуют не столько эти элементы, сколько их перемещение по одному закону. Простейший признак: единица измерения – штуки в единицу времени.

Разнообразные потоки жидкостей и газов являются примерами сплошных потоков. Как правило, в них невозможно (или нецелесообразно) выделить единичный элемент и рассмотреть его самостоятельно. В качестве статического компонента здесь может рассматриваться вся совокупность перемещаемого материала (если речь идет о потоке вещества). Признак: у статического компонента единица измерения – килограммы, литры и т.п.; у потока – кг/сек, литры/мин и т.п.

Потоки энергии также относятся к сплошным потокам.

Комплексные потоки совмещают в себе признаки обоих предыдущих вариантов.

Например, поток камней в каменной лавине состоит из отдельных камней, каждый из которых можно рассматривать и как отдельный компонент лавины – это типичный дискретный поток. А вот селевой поток состоит из смеси двух-трех разных потоков (поток воды – сплошной; поток камней – дискретный; поток глиняной суспензии – сплошной и сам внутри себя комплексный). В зависимости от решаемой задачи может потребоваться рассмотрение этих потоков порознь, но в науке сель рассматривается как единый комплексный поток (см., например, [18]).

Другой пример: поток информации в цифровой форме состоит из отдельных байтов, в текстовой – слов. Как байты, так и слова вполне можно рассматривать как самостоятельные компоненты и анализировать порознь. Собранные же воедино они приобретают дополнительное качество.

Признак комплексного потока: единицей измерения служит количество разных дискретных элементов.

Впрочем, в каждой конкретной ситуации комплексный поток следует рассматривать либо как дискретный, либо как сплошной, в зависимости от задачи. Не забывая при этом о возможности рассмотреть поток и с другой стороны.

Понятно, что дискретные и сплошные потоки обладают несколькими разными свойствами. Главное отличие заключается в способах генерации, т.е. в источнике потока. Для сплошных потоков характерен «источник потенциала», для дискретных потоков – «источник тока». Различия будут рассмотрены в одной из следующих глав. После выхода из источника оба типа потока ведут себя близким образом. Например, поток автомобилей на трассе ограниченной ширины можно описывать уравнениями, удивительно напоминающими законы Ома, Кирхгофа и Бернулли.

3.4. Пример классификации

Для примера предложенной классификации удобно рассмотреть двигатель внутреннего сгорания.

- Разделение "источник/канал/поток/рабочий орган":

Потоками являются потоки бензина, воздуха, выхлопных газов, охлаждающего воздуха и т.д. Каналами для них являются трубка подачи бензина, трубы подачи воздуха, охлаждающего воздуха, выхлопная труба и пр. Источником выхлопных газов является камера сгорания. Изделием охлаждающего воздуха является теплообменник и т.д.

- Главными полезными потоками являются (по принципу действия ДВС)
 - поток бензина,
 - поток воздуха в двигатель.
- Вспомогательными полезными потоками являются:
 - поток всевозможных присадок в бензине, поток масла в двигателе,
 - поток охлаждающей жидкости.
- Внешними полезными потоками являются оба указанных главных (бензин и окислитель), а также поток присадок в бензине.
- Внутренними полезными потоками являются: поток масла, поток продуктов сгорания в цилиндре, часть тепловых потоков, поток охлаждающей жидкости.
- Внешними вредными потоками являются различного рода загрязнения в бензине и воздухе, азот воздуха.
- Вторичные вредные потоки:
 - Поток углекислого газа и паров, полученных при сгорании бензина.
- Паразитные потоки:
 - Поток окислов азота и моноокси углерода
 - Поток продуктов распада присадок к бензину
 - Поток загрязнений в масле
- Разделение "конь-всадник":
 - Воздух (или жидкость) для охлаждения - типичный носитель ("конь")
 - Поток тепла (холода) является типичным функционалом ("всадником"), что, собственно, и позволяет легко менять носитель.
 - Поток присадок к бензину является функционалом по отношению к потоку бензина. Собственно бензин является при этом носителем потока присадок (одновременно являясь при этом важным функциональным потоком!)
- Замкнутые потоки: поток моторного масла, поток охлаждающей жидкости, поток загрязнений в масле.

Разумеется, как всегда, необходимо рассматривать систему не вообще, а применительно к цели проекта. Поэтому, в зависимости от решаемой задачи, возможны другие варианты: главный полезный поток - кислород воздуха, а азот и другие газы в воздухе - внешний вредный поток. Поток бензина и присадок в нем можно считать единым потоком, а поток охлаждающих агентов - вспомогательным полезным, и т.д.

Разумеется, такая классификация гораздо сложнее, чем в существующей версии. Поэтому **уровень детализации нужно выбирать минимально достаточным для целей каждого конкретного проекта.**

В то же время, подобная классификация все равно возникает при любом мало-мальски детальном потоковом анализе. Без чего он превращается из анализа ситуации в рисование более или менее красивых картинок, что имеет отношение к презентации результатов, а не их получению (хотя, разумеется, грамотная и аккуратная презентация результатов ТРИЗ анализа часто имеет важное самостоятельное значение в проекте). Зато ясно, что разные потоки требуют разных подходов к усовершенствованию (оптимизации, повышению эффективности и т.д.) системы. Но раз так, полезно и разделение потоков по разным типам.

Приведенный пример потоков в ДВС хорош явным разделением. Разумеется, возможно огромное количество сочетаний и подробностей. Например, поток джоулева тепла в лампе накаливания - является ли он вторичным вредным потоком или вспомогательным полезным или даже главным полезным? Разумеется, ответ полностью зависит от задачи проекта. В то же время поток того же джоулева тепла в светодиоде является заведомо вредным.

В любом случае для каждого конкретного проекта такая классификация потоков оказывается весьма полезной для последующего разрешения выявленных недостатков. Автор неоднократно применял эту классификацию и всегда получал удовлетворительный результат. Часто оказывается достаточным просто привести классификационные обозначения в таблице стандартного потокового анализа.

Например:

- Бензин в ДВС является
 - главным
 - полезным
 - внешним
 - открытым
 - потоком-функционалом (хотя по отношению к присадкам является носителем).
- Загрязнения масла, возникающие в процессе трения движущихся частей, являются
 - вредным
 - вторичным
 - замкнутым
 - функционалом.

И т.д.

4. Вредные потоки. Приемы работы с потоками в зависимости от классификации

4.1. Небольшое терминологическое отступление.

В работе Литвина и Любомирского (а это единственная работа, где закон оптимизации потоков рассмотрен достаточно подробно) авторы используют термин «субтренды». Под этим понимаются наиболее часто встречающиеся направления развития успешно развивающихся ТС. И дается рекомендация следовать этим субтрендам.

В данной работе используется термин «приемы». Под приемами понимаются рекомендации инженерам, применение которых часто приводит к успешному развитию ТС.

Все-таки тренды (и субтренды) должны обозначать некую линию развития от одной описанной точки до хотя бы еще одной. Поэтому, например, субтренд «Закономерность развития технических систем, заключающаяся в переходе от потока, содержащего области, сопротивление которых значительно больше погонного сопротивления тракта, к потоку, свободному от таких областей» - выглядит несколько неказисто. В то же время, рекомендация «избавляться от областей с высоким сопротивлением потоку» выглядит и короче, и яснее.

Нужно, конечно, понимать, что работа Литвина и Любомирского посвящена описанию именно трендов, поэтому формулировки в стиле трендов уместны для сохранения стилевого единства текста. Ситуация полностью аналогична разнице между законами развития в целом и 40 приемами разрешения противоречий.

Разумеется, на уровне философского обобщения есть значительная разница. Однако для практического применения эта разница выглядит несущественной.

4.2. Снижение проводимости каналов внешних вредных потоков на входе в систему (вплоть до формирования непроницаемого барьера этому потоку)

Внешние потоки являются потоками надсистемными, поэтому в рамках каждого данного проекта управлению почти не подлежат. Источником внешних вредных потоков с точки зрения рассматриваемой системы является вход в систему. Так что чаще всего возможно регулировать только точку входа потока в систему.

Например:

- Фильтры, устанавливаемые на входе в ДВС, являются типичным примером снижения проводимости входного канала вредного потока.
- Другим примером являются различные способы ограничения въезда большегрузного транспорта в центр городов.

Данный подход вообще применяется очень широко, но есть серьезная проблема: канал для внешнего вредного потока очень часто (чаще всего) является каналом для какого-то полезного потока. Если в комнате сквозняк, естественное желание - закрыть форточку. Но тут же прекращается поток свежего воздуха! Поэтому **наличие на входе в систему внешнего вредного потока (пусть даже и остановленного!) является индикатором возможного наличия проблемы**. Все тот же пример с фильтрами: фильтры не только останавливают потоки загрязнений, но и тормозят полезные потоки. С другой стороны, увидев фильтры на входах в совершенно незнакомую техническую систему, инженер

может сразу же уже при первичном знакомстве с системой, безо всякого анализа, сделать как минимум три вывода:

- На входе имеется вредный поток
- Остатки этого потока есть внутри системы
- Проводимость канала полезного потока снижена.

Таким образом, уже сама по себе дополнительная классификация потоков и связанных с потоками компонентов системы оказывается вполне инструментальным приемом. И более того, **можно сразу же сформулировать техническое противоречие вида «фильтр должен быть, но фильтра не должно быть».**

4.3. Управление формированием вторичных вредных потоков (снижение удельных характеристик потока).

Внутренний поток возникает по определению как результат работы рабочего органа (рассматриваемого в данном случае как источник вредного потока) по выполнению некоей полезной функции (или какого-то компонента, выполняющего вспомогательную функцию).

На первый взгляд кажется, что именно усовершенствование рабочего органа должно оказаться главной мерой по борьбе с такими потоками. Но это не так. В силу данного выше определения, **вторичный вредный поток неизбежен при выполнении полезной функции.** Полностью устранить его можно только при переходе на новый принцип действия. Обычно можно уменьшить повреждающие параметры этого потока. Но в силу закона неравномерности развития частей системы ресурсы развития рабочего органа использованы, как правило, уже на предыдущих стадиях развития системы в целом. Поэтому, в тех случаях, когда проект касается системы, уже какое-то время представленной на рынке (а это касается большинства реальных проектов), - рабочий орган часто с трудом поддается улучшениям.

Например, в ДВС формируются два мощных вторичных вредных потока: тепло, которое необходимо отвести от цилиндров на третьей ветви цикла Карно и продукты сгорания (пары воды и углекислый газ). Оба эти потока можно не создавать только при отказе от принципа действия (например, при переходе на электромотор), но анализируется-то ДВС!

Количество углекислого газа можно уменьшить при переходе на газ, далее спирт и, наконец, водород. НО:

Во-первых, не ликвидировать, а всего лишь несколько уменьшить (водородный двигатель, как и водородная энергетика в целом, рассматриваются обычно как новый принцип действия; чаще всего при этом рассматривается сразу же топливная ячейка, которая уж точно является другим принципом действия); во-вторых, этот тренд имеет очень серьезные надсистемные ограничения, понемножку реализуется, но, главное - из совершенно иных соображений.

Поэтому ставить задачу на смену принципа действия ради уменьшения вторичных вредных потоков в системе – в рамках решения локальной задачи обычно не удастся. А именно такие задачи и являются основой всего массива наших проектов. Смена принципа действия подразумевает фактический переход на 1 этап развития новой S-образной кривой. А на этом этапе обычно обходятся без ТРИЗ.

4.4. Управление формированием паразитных потоков

Паразитные потоки в системе очень напоминают вторичные вредные, но отличаются от них тем, что по определению их появление не определяется принципом действия системы. Поэтому появляется важный субтренд развития системы: минимизация паразитных потоков (вплоть до полного устранения). При выявлении паразитных потоков именно их минимизация является первым направлением усовершенствования. Например:

- Моноокись углерода, связанная с неполным сгоранием топлива, является типичным паразитным потоком. Первым (лучшим) решением должно стать решение, направленное на полное сгорание топлива (предотвращение паразитного потока).

Важный частный случай паразитного потока - всевозможные утечки полезного потока. Естественное стремление устранить и/или предотвратить эти утечки (здесь упомянуто просто для полноты, хотя в принципе решение понятно: если протекает кран, то его просто нужно починить).

4.4.1. Формирование паразитного потока как признак противоречия

За исключением простейшего (хотя и практически важного) случая утечек **наличие в системе паразитного потока всегда является признаком противоречия**: паразитный поток по определению не является неизбежным следствием принципа действия. То есть, какие-то свойства системы с одной стороны должны быть реализованы (необходимость чего определяются необходимостью выполнения тех или иных полезных функций), но в то же время, должны быть изменены, чтобы предотвратить возникновение паразитного потока.

Например, в ДВС типичным паразитным потоком является поток окислов азота в продуктах сгорания. Противоречие выглядит как "температура сгорания топлива должна быть высокой, чтобы обеспечить высокий коэффициент полезного действия ДВС, но в то же время низкой, чтобы предотвратить появление окислов азота". ИЛИ: "в составе окислителя азот должен быть, чтобы можно было использовать самый дешевый и доступный из всех окислителей воздух, но азота не должно быть, чтобы не возникали его окислы".

Важно при этом еще и то, что таким образом не просто легко обнаруживается противоречие (одна из важнейших целей анализа в ТРИЗ), но оно локализуется в том компоненте системы, которая выступает как источник потока (т.е., сразу же автоматически определяется оперативная зона и оперативное время).

В этом примере возникает еще одна очень любопытная коллизия: в это же оперативное время и в той же оперативной зоне возникает другой паразитный поток - моноокиси углерода. Противоречие здесь выглядит примерно так: «количество кислорода должно быть избыточным, чтобы предотвратить неполное сгорание углеводородов. Но количество кислорода должно быть недостаточным, чтобы предотвратить окисление азота (а также предотвратить ряд иных проблем)».

Т.е., возникает необходимость решать два разных противоречия, сошедших строго в одно время в одном месте: если кислорода много - возникают окислы азота, если кислорода мало - возникает моноокись углерода.

4.5. Управление каналом вредного потока внутри системы

4.5.1. Канализация вредных потоков - повышение проводимости каналов удаления вредных потоков, движущихся внутри системы

Первым способом управления вредными потоками является канализация (формирование канала для удаления потока из системы).

В действующей методике-прототипе первым решением названо уменьшение проводимости канала вредного потока.

Канализация полностью противоречит действующей методике потокового анализа, но метод является очень важным, эффективным и широко применяемым на практике:

- В примере с ДВС тепло от цилиндров на третьей ветви цикла Карно нужно отвести как можно быстрее. Точно также, продукты сгорания топлива из цилиндров нужно удалить, а вовсе не задержать.
- В промышленном производстве возвратные отходы несут в себе стоимость всех технологических операций, которые прошло сырье. Поэтому как можно более ранняя и эффективная отбраковка таких отходов (т.е. - **повышение проводимости каналов** этих отходов, например, путем сокращения длины канала) является экономически очень эффективным решением.
- Вентиляторы и радиаторы являются мерами по **увеличению проводимости вредного потока** тепла в электронных приборах и вообще во всех электрических машинах.
- В химической промышленности быстрое удаление (то есть – **использование канала большой проводимости**) неиспользованных продуктов реакции резко увеличивает полезный эффект и/или скорость основной реакции (а что бывает, когда падает тяга в дымовой трубе - известно).

Так что тезис о том, что вредный поток, имеющийся в системе, всегда следует тормозить, выглядит категорически неверным.

В тех случаях, когда не удастся быстро вывести вредный поток из системы, необходимо уменьшить его вредное воздействие.

Примечание: необходимо помнить, что в подавляющем большинстве случаев материального или энергетического потока он все же будет выведен за пределы системы просто в силу законов сохранения энергии и вещества. Исключение могут составлять одноразовые системы, накапливающие собственные отходы. Поэтому речь идет о том, что вредный поток не удастся вывести за пределы системы именно быстро и управляемым образом.

В этих условиях, действительно, как правило, нужно затормозить вредный поток. При этом либо сформируется другой канал, который будет выводить поток из системы по менее вредному пути, либо произойдет диссипация потока. В этом случае действует субтренд, описанный у Литвина и Любомирского: "Уменьшение проводимости канала вредного потока".

Приемов для реализации субтренда существует довольно много, причем, они подробно описаны в частных областях техники. В основном они сводятся к следующим:

4.5.2. Снижение проводимости канала

Достаточно понятное решение. Если необходимо снизить интенсивность какого-либо потока, резонным является снизить проводимость канала. В свою очередь, снизить проводимость канала можно уменьшением проводимости существующих звеньев канала.

В частности, широко применяются:

- Увеличение длины отдельных звеньев канала
- Уменьшение удельной проводимости отдельных звеньев канала.

В ДВС один из вторичных вредных потоков - поток газов через уплотнения в поршневой группе (картерные газы). Типичный паразитный поток, но выше уже отмечалось, что после проникновения/формирования вредных потоков внутри системы разница становится чисто академической. Поток картерных газов с одной стороны не предопределен принципом действия ДВС. С другой стороны – полное устранение, по-видимому, невозможно. Основным способом уменьшения таких потоков является усовершенствование уплотнения, уменьшение истирания и т.п. – типичные методы уменьшения проводимости канала. Характерно, что в современных автомобилях применяется также и принудительная канализация таких газов [19].

4.5.3. Введение в канал «бутылочных горлышек»

Бутылочным горлышком называется дополнительное звено канала с заведомо более низкой проводимостью.

Такое определение отличает данный прием от прямого уменьшения проводимости уже имеющихся звеньев канала. Решение весьма часто употребляется в технике.

Одним из наиболее типичных примеров является фильтр: в тех случаях, когда вредный поток идет по одному каналу с полезным, фильтр разделяет эти два потока и тормозит один из них (вредный). Другим типичным примером бутылочного горлышка является клапан, который перекрывает (частично или полностью) канал и тем самым **управляемо** снижает его проводимость (но уже для всех видов потоков, идущих этим каналом).

Например, во время работы ДВС формируется такой специфический поток, как поток загрязнений в масле. Быстро и надежно отфильтровать и сбросить эти загрязнения технически можно, но достаточно дорого. Поэтому применяется фильтр, который просто тормозит указанный вредный поток. Вывод потока из системы производится лишь иногда при замене фильтра.

Другие примеры фильтров и клапанов в различных отраслях техники каждый инженер легко найдет по вкусу в достаточных количествах и в соответствии со своей специализацией.

4.5.4. Введение в канал «застойных зон»

В общем случае, введение застойных зон не является самостоятельным приемом. Любое снижение интенсивности или скорости потока в любых звеньях канала, будь то снижение проводимости существующего или постановка дополнительного звена, создает застойную зону (по определению).

Типичный способ создания застойных зон – создание бутылочного горлышка на пути потока. Выделение "застойной зоны" в отдельный прием имеет тот смысл, что появление таких зон довольно часто позволяет более эффективно бороться с вредным потоком. Например, появляется возможность сформировать канал канализации или какой-то обработки вредного вещества (энергии) именно из застойной зоны.

4.5.5. Введение «застойных зон» в канал комбинированного потока. Фильтрация потока.

Очень часто бутылочное горлышко создает разные сопротивления для различных элементов комбинированного потока. Такое **селективное бутылочное горлышко и называется фильтром** и позволяет разделять, частично или полностью, элементы потока.

Такое разделение может использоваться разными способами:

- Собственно разделение веществ
- Увеличение концентрации элемента с меньшей проводимостью в застойной зоне
- Формирование канала канализации концентрированного вещества из застойной зоны
- и т.д.

Например, в ДВС фильтр является не только бутылочным горлышком для различного рода загрязнений, но и концентратором этих загрязнений. Это позволяет сравнительно легко удалять загрязнения путем простой смены фильтра. Этот же факт позволяет поставить задачу на канализацию загрязнений - например, введением самоочищающихся фильтров.

Другой пример: отстойники в системах водоочистки являются типичными застойными зонами. За счет повышенной концентрации загрязнений их обработка (в том числе - химическая) оказывается гораздо более дешевой и эффективной.

4.5.6. Утилизация вторичных вредных и паразитных потоков

Также часто используемый метод. По существу, это – прямое применение 22-го приема устранения противоречий "обратить вред в пользу".

- Уже очень давно на производствах собирают всевозможные отходы на предмет их вторичного использования (хорошо известны сбор металлолома и макулатуры, но этот список может быть продолжен очень далеко).

Суть метода как раз в торможении вредного потока внутри системы, что внешне соответствует существующей версии закона. Однако, делается следующий шаг - поток останавливается полностью, аккумулируется в каком-то сборнике и затем все-таки выводится из системы по новому специально организованному каналу. То есть, это та же канализация вредного потока, просто поток переводится в новый канал при подавлении ранее существовавшего.

Утилизация должна применяться тогда, когда устранение этих потоков затруднено или нецелесообразно (например, экономически).

4.6. Использование вторичного потока внутри системы

Частный случай предыдущего. Метод используется довольно редко именно в силу того, что вторичный вредный поток возникает как отходы, связанные с принципом действия, т.е., как поток непригодный к использованию.

- Например, довольно часты попытки использования вторичного тепла. Результат бывает не всегда, но когда удается - эффект бывает очень неплохим.

Пожалуй, единственный пример в ДВС - использование сбросового тепла от двигателя для подогрева карбюратора (но уже вне ДВС как такового).

Гораздо чаще удаются попытки использования вторичных потоков в ближайшей надсистеме. Вариант опять возвращает нас к приему канализации вторичных потоков в надсистему, но с последующим там использованием.

- Например, вторичное тепло от ДВС используется для подогрева кабины автомобиля.

Так что следует учитывать, что такое использование всегда направлено на выполнение какой-либо вспомогательной или дополнительной функции.

Возможный вариант использования данного субтренда: можно поставить задачу на использование сбросового тепла внутри ДВС. Где в ДВС необходим такой ресурс, как тепло? Например, известны попытки подогревать этим теплом бензин и воздух непосредственно перед подачей в камеру сгорания. Или, например, для подогрева соседнего цилиндра на обратном ходу. Разумеется, это всего лишь постановка задачи, которую еще нужно решить (и вполне возможно - отказаться от ее решения в силу неэффективности), но если задачу не ставить, то не будет и решения. Для ее аккуратного решения нужно провести как минимум функциональный анализ системы.

А вот в ракетных двигателях топливо проходит сначала через обмотку на сопле, а потом, уже нагревшись, идет на форсунки.

Использование производственного брака в качестве возвратных отходов

Возвратными отходами на производстве называются такие виды брака, которые могут быть возвращены **в то же** производство в рамках того же или следующего производственного цикла (не следует путать с вторичными ресурсами - отходами, используемыми в другом месте для других нужд). Как правило, это брак, не прошедший еще полного производственного цикла, а отсеянный на более ранних этапах. Например:

- При изготовлении различных заготовок из теста (и вообще - любой смеси) часть заготовок имеет неправильную форму и снимается из дальнейшего процесса. Такие заготовки отправляются обратно в смеситель и в составе новой порции теста формуруются заново. Экономический смысл этого вполне понятен.

Но следует иметь в виду, что эта часть полуфабриката проходит некоторые операции дважды, т.е., себестоимость конечной продукции будет выше возможной.

В этом случае применяются все три способа (субтренда), описанных выше и именно в предложенной последовательности:

- Первым делом нужно принять меры по уменьшению брака (совершенствование именно той подсистемы, где возникает брак - задача выходит из области потокового анализа, переходя в область функционального анализа).
- Далее следует принять меры по утилизации паразитных отходов - т.е., как раз использование брака в качестве возвратных. При всей тривиальности такого решения этим занимаются далеко не всегда, так что здесь очень часто есть хорошие ресурсы.
- Не всякий брак удастся, конечно, использовать в качестве возвратных. Но иногда удастся использовать его как-то еще. Помимо упоминавшегося сбора вторичного сырья решения бывают самые неожиданные.

Например, на "Светлане" (СПб) из отбракованных колб вакуумных ламп делали рюмки и бокалы. Более того, материалы, распыляемые в лампах в качестве адсорберов, иногда тоже бывали некачественными. А вот декоративность таких распыленных пленок не страдала и эти рюмки декорировали именно из таких отбракованных слитков. Самое забавное, что производство этих рюмок сохранилось и после закрытия основного лампового производства - но это уже к вопросу четвертого этапа развития системы.

4.7. Согласование вредных потоков по другим параметрам

Крайне важный момент, который в текущей версии учтен одним субтрендом в ряду других и никак не оговорен особо:

"Снижение удельных характеристик вредного потока"

Уже простое разделение (классификация) компонентов на источник, канал и приемник позволяет уточнить этот тренд:

В процессе развития технической системы источники вторичных вредных потоков изменяются так, что удельные параметры потока снижаются¹.

При этом задача сразу же локализуется на источнике.

Например, соотношение углекислого газа и воды в составе выхлопных газов изменяется в сторону увеличения процентного состава воды в ряду "бензин - газ - спирт".

Но необходимо отметить также, что этот субтренд - один из самых слабых и редко реализуемых. Вторичный вредный поток предопределен принципом действия. Поэтому и параметры этого потока трудно поддаются изменению. Однако, выбором (согласованием) параметров можно его существенно ослабить.

Кроме того, речь может идти только о вторичных вредных потоках. Первичные потоки задаются надсистемой. Если полезные потоки часто могут как-то регулироваться (мы можем выбрать нужную нам марку бензина на заправочной станции), то вредные потоки такой регулировке поддаются с трудом (мы не можем выбрать состав воздуха, подаваемый в ДВС).

Выше было показано, что формулирование подобного субтренда для канала практически невозможно: ни уменьшение проводимости канала, ни его увеличение не являются трендом в общепринятом смысле этого слова – т.е. основной линией развития.

Тем более, не может быть рекомендовано уменьшение восприимчивости приемника к вредному потоку: это был бы типичный исправительный прием, в то время как основной линией развития, безусловно, должно быть ослабление собственно вредного действия потока.

5. Полезные потоки. Приемы работы с потоками в зависимости от классификации

5.1. Согласование как принцип совершенствования полезных потоков

На первый взгляд кажется, что действия в отношении полезных потоков должны быть инверсны (симметричны) действиям в отношении вредных потоков. Однако, это не так.

Если вредные потоки в любом случае подлежат либо удалению, либо ослаблению, то полезные потоки далеко не всегда подлежат именно усилению. Как правило, имеется определенный оптимальный набор параметров, превышение которых как минимум непродуктивно, а часто - вредно. Поэтому здесь правильнее применить понятие

¹ Удельными параметрами (характеристиками) потока называем значение абсолютного параметра, отнесенное к единице потока. Например, плотность тока по сравнению с силой тока, плотность вещества по сравнению с массой и т.п. Уточнение про удельные параметры важно, так как чаще всего вредные свойства потока определяются именно его удельными характеристиками.

избыточности – недостаточности, то есть неадекватного выполнения функции. И считать это задачей по обеспечению адекватности выполнения.

Ряд примеров, подтверждающих этот факт, можно легко продолжить для любой области техники:

- 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.
- Полезный поток джоулева тепла 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.
- И т.д.

Разумеется, в текущей версии потокового закона говорится не про усиление полезного потока, а про усиление его полезного действия, однако:

- в такой формулировке закон становится абсолютно неинструментальным. С тем же успехом можно сформулировать это требование к любому другому компоненту или параметру системы. Строго говоря, тренд будет именно таков, но его знание ничем не поможет инженеру, решающему конкретную задачу,
- приведенные в работе Литвина и Любомирского приемы (субтренды) ориентируют в основном именно на усиление главных параметров потока. Что в общем случае неверно (и видно уже из приведенных выше примеров, перечень которых легко продолжить).

Поэтому главным методом улучшения использования полезных потоков является согласование параметров потока с другими параметрами системы.

Таким образом, закон оптимизации потоков в части полезных потоков является субтрендом закона повышения согласованности.

Это не должно удивлять: ЗРТС является не просто перечнем трендов, а их системой, поэтому такие взаимные пересечения неизбежны и объективны.

5.2. Согласование главных полезных потоков по интенсивности (расходу)

Закон повышения согласованности является одним из наиболее инструментальных в системе ЗРТС. В частности, именно он формирует многие из т.н. «линий развития» ТС, которые являются одним из наиболее ярких, одновременно и эффективных, и эффективных инструментов ТРИЗ. Разумеется, выводы, приемы и линии развития, предлагаемые этим законом и инструментами, на нем основанными, полностью верны для потоков, как и для любых других компонентов системы. Однако, есть и существенные особенности, до сих

пор никак не отраженные в литературе (и практике), посвященной как закону повышения согласованности, так и закону оптимизации потоков.

Одним из основных параметров любого потока является его интенсивность.

Под интенсивностью потока называется количество вещества, энергии или информации в единицу времени. Например, электрический ток ($[A]=[Q/t]$), мощность ($[W]=[J/s]$), расход бензина (литр/час), поток полуфабриката (кг/сек), автомобильный трафик (машин/час) и т.д.

Интенсивность потока на входе в канал, равна мощности источника (в более общем случае – той его части, которая работает на данный канал). Необходимо заметить, что, в отличие от вредного потока, источник полезного потока часто поддается изменениям: часто единственная полезная функция этого компонента системы - именно формирование данного полезного потока.

При этом закономерность состоит в том, что

- **в процессе развития системы проводимость канала полезного потока все более согласовывается с мощностью источника.**
- **в процессе развития системы проводимость канала главного полезного потока все более согласовывается со скоростью преобразования потока в потребителе.**

Примечание:

по существующей версии происходит

- *Повышение проводимости полезных потоков*

Или

- *Повышение эффективности использования полезных потоков -*

в переводе на обычный русский это звучит как необходимость либо увеличить проводимость канала, либо изменить поток как-нибудь по-другому. При этом не дается никаких рекомендаций на тему, когда какой из субтрендов применять. В этом виде закон оказывается безусловно верным, но абсолютно бесполезным ("договорились встретиться либо в пятницу, либо в какой-нибудь другой день")

Значительную сложность представляет здесь необходимость согласования сразу трех разных объектов - источника потока, канала его передачи и рабочего органа. Но именно поэтому имеет смысл разделение единого тренда на два частных.

5.3. Согласование вспомогательных полезных потоков по интенсивности

Общая закономерность состоит в том, что в процессе развития системы

- **проводимость канала вспомогательного полезного потока все более согласовывается с мощностью источника**
- **проводимость канала вспомогательного полезного потока все более согласовывается со скоростью преобразования потока в потребителе.**
- **интенсивность вспомогательного полезного потока все более согласовывается с интенсивностью главного потока**

Первые два тезиса полностью повторяют таковые для главного потока и выглядят безусловными. Третий тезис связан с тем, что вспомогательный поток по определению не имеет самостоятельного значения, но используется для увеличения эффективности главного потока (присадки в бензин, растворенные в воде соли в теплообменниках, катализаторы, смазочное масло в движущихся частях машин, служебные и мета-файлы в информационном потоке и т.д.). Требование согласования этих потоков с главным, ради которого они и вводятся в систему, также выглядит понятным.

Это заметно усложняет как анализ, так и решение задачи - требуется одновременное взаимное согласование уже четырех-шести объектов! Но именно поэтому явно зафиксированное требование такого согласования имеет большое практическое значение: не счесть ситуаций, когда некое очевидное требование становилось требованием по умолчанию и с ходом времени просто забывалось.

Типичным примером вспомогательного потока в ДВС является поток масла в двигателе. В этом случае совершенно необходимым является согласование интенсивности потока с режимами работы двигателя. Согласование достигается тем, что масляный насос (источник потока) запитан от оси двигателя. Тем самым интенсивность оказывается согласована с режимом работы двигателя (режим обратной связи). В отсутствии такого согласования избыточный поток приведет как минимум к излишнему расходу ресурса. В то же время, недостатком такого решения (обратной связи) является необходимость использования более мощного маслоснабсателя, который большую часть времени используется не на полную мощность.

Очень важными частым случаем, существенно уменьшающим количество одновременно согласовываемых подсистем, является комплексный поток: если количество вспомогательного ресурса однозначно связано с количеством главного ресурса и используются они строго одновременно и в одном месте (присадки в бензине, соли в растворе воды, метафайлы в информационном потоке...), эффективным способом согласования является их предварительное (часто еще в надсистеме) смешивание. В этом случае не требуется ни дополнительного канала, ни его согласования (соответствует использованию потоком канала для другого потока из действующей версии закона).

Таким образом, появляется важная рекомендация:

- если главный и вспомогательный потоки однозначно связаны друг с другом, необходимо объединить потоки в один комплексный,
- если однозначного соответствия нет – ввести его.

- ситуацию можно рассматривать как проявление закона свертывания на основе объединения альтернативных систем.

Разумеется, в этом случае, как и во всех других, выбор следует делать, исходя из конкретной задачи. Когда потребитель видит поток, например, кока-колы, заводской технолог должен рассматривать потоки отдельных компонентов, управляющихся и ведущих себя по-разному. Или при работе с файлами: пользователь может видеть перед собой единый файл с информацией. Программист же должен видеть и весь набор метафайлов, сопровождающих данный файл. И так далее.

Точно также отсылка на действие «другого закона», в данном случае – закона повышения согласованности, не должна означать игнорирование этого действия при потоковом (как и любом другом) анализе.

Еще одним типичным примером вспомогательного потока в ДВС является поток присадок к бензину. Поскольку эти присадки нужны строго в то же время, в том же месте и в жестко заданной пропорции к бензину, согласование проводится путем предварительного смешивания еще в надсистеме. Но поскольку всегда за все нужно платить, при

применении этого приема фактором расплаты оказывается снижение управляемости системой (бензин уж какой залит, на том и едут, даже если условия движения изменились).

5.4. Буферизация потоков как инструмент согласования

Наличие буферов (накопителей) между источником потока и изделием является

- Важным признаком недостаточной согласованности источника и канала или канала и изделия
- по производительности, что позволяет сразу, на самых первых шагах анализа, увидеть имеющиеся недостатки.

Но одновременно с этим

- Простейшим и поэтому очень распространенным способом ликвидации имеющейся рассогласованности.

Причины и следствия буферизации весьма разнообразны и им можно было бы посвятить отдельное исследование. Однако, в данной работе оно было бы излишним.

Встроенные источники ресурсов

Встроенный источник создается для обеспечения автономности системы от внешнего источника. Поэтому функционально встроенный источник является типичным буфером между надсистемным источником потока и каналом. Несогласованность заключается в практическом отсутствии канала подачи первичного потока на этапе функционирования рабочего органа. Но одновременно встроенный источник является источником потока по отношению ко всем последующим элементам системы. Одну из этих двух особенностей встроенного источника необходимо выбирать в зависимости от целей анализа.

Необходимость учета в потоковом анализе встроенных источников отсылает нас к закону повышения полноты частей системы, но эта же необходимость показывает и ограниченность этого закона: встроенный источник - все-таки всего лишь буфер хотя бы в том смысле, что накапливает ресурс, поступающий откуда-то извне. Но любая транспортировка и хранение ресурса (особенно, если она связана с его преобразованием) неизбежно требует прямых материальных затрат, затрат ресурса работоспособности системы, усложнения системы и т.д. Поэтому встроенный источник используется только и именно как необходимость, что полностью противоречит основному тезису закона повышения полноты частей системы.

Очень характерны в этом смысле транспортные системы. Железные дороги, при достижении некоторого объема перевозок, оказываются наиболее дешевыми из таких систем. При этом при первой возможности их переводят на электрическую тягу даже ценой снижения автономности – т.е. убирают встроенный источник.

В автомобильных ДВС типичным (но не единственным) встроенным источником являются бензобак и дополнительная канистра. Указанная противоречивость требований к их объему проявляется здесь в полный рост: на автомобилях для ралли или путешествий бензобак стараются делать как можно больше, да еще и положить в багажник канистру. Для обычных разъездов по сколько-нибудь развитой дорожной сети канистру оставляют дома. Для гонок по трассе размер бензобака делают как можно меньше (болиды Ф1 дозаправляют при каждой смене резины и экономят при этом на массе машины).

5.5. Управляемость полезных потоков

Система управления - очень важный элемент системы потоков в любой ТС. Он оказался полностью проигнорирован в существующей версии - видимо, по причине того, что об этом подробно говорится в законе повышения управляемости. Но, как и в случае повышения согласованности, в результате управление потоками оказалось полностью потеряно в потоковом анализе! Между тем, **любой полезный поток непременно должен иметь систему управления, как минимум на уровне включено/выключено.**

Вредный поток также имеет СУ, иначе он просто не работал бы (в силу закона полноты частей – см., например, «Вредную систему» В. Ляшина [20]). Но в большинстве случаев СУ вредного потока либо не выражена в явном виде (и формируется другими компонентами системы), либо в этом качестве выступает СУ полезного потока.

Здесь возникает следующая рекомендация: придать вредному потоку явную систему управления в тех случаях, когда его усиление может привести к неисправности системы или неприемлемым вредным воздействиям в надсистеме.

Пример в ДВС:

- Бензонасос управляется включением основного двигателя
- При перегреве двигателя он выключается (в противном случае он все равно выключится, но в форме аварии).

Развитие системы управления потоками - один из немногих субтрендов ЗРТС, для которых типовые оговорки "как правило" и "статистически достоверно" - не только не нужны, но и недопустимы. Обязательность подсистемы управления полезным потоком следует уже из того, что на разных этапах жизненного цикла ТС потребление ею потока различно (как минимум на уровне есть/нет).

Итак: в любой системе с явно выделенным полезным потоком ВСЕГДА имеется подсистема управления потоком. Развитие этой подсистемы полностью определяется законом повышения управляемости.

Два типа управления интенсивностью потока

При разделении для анализа источника потока и его канала, появляются и два типа управления: управление проводимостью канала ("вентиль") и управление интенсивностью потока ("насос").

Управление типа "вентиль" выглядит обычно более простым в реализации, поэтому используется значительно чаще. Однако, "вентиль" имеет существенный недостаток перед насосом: он обязательно тормозит поток - является искусственно созданным бутылочным горлышком!

Поэтому чаще более прогрессивным (но, как правило, более трудным в реализации) является управление типа "насос", когда мы не трогаем канал, а непосредственно регулируем интенсивность самого потока. Субтренд замены "вентилей" на "насосы" не является частым, но всегда полезным, когда возможно.

Понятно, что вентиль в канале полезного потока является подсистемой согласования интенсивности потока. При этом сам канал является избыточным в среднем, хотя в каждый данный момент его проводимость согласована с потребителем потока. В соответствии со сказанным выше, максимальная проводимость канала полезного потока должна быть равна максимальной для всех возможных режимов.

Таким образом, канал используется в среднем не на полную мощность. Поэтому **уже само наличие "вентиля" в канале потока означает наличие технического противоречия** вида

- Проводимость канала должна быть равной производительности потребителя потока, чтобы обеспечить оптимальные режимы работы и наименьшую стоимость системы
- НО
- Проводимость канала должна быть выше производительности потребителя потока, чтобы обеспечить управляемость подсистемы

Точно также и управление типа "насос" требует, чтобы проводимость канала была выше средней и поток не полностью использует пропускную способность канала - возникает аналогичное по форме, хотя иное по существу противоречие. При этом в случае "насоса" избыточным оказывается также и мощность источника.

Таким образом, само по себе наличие потока предъявляет противоречивые требования к системе управления потоком.

Характер противоречия однозначно подсказывает направление и метод развития подсистемы – тримминг, направленный на снижение указанной избыточности².

6. Особенности замкнутых потоков

Выше замкнутым потоком назван такой поток, который возвращается к источнику, т.е., такой, канал которого замнут.

Разумеется, проходя через канал и потребитель, поток всегда меняет какие-то свои параметры, поэтому в принципе любой замкнутый поток можно рассматривать как два разных потока, состоящих из одних и тех же материальных компонентов, при условии, что потребитель первого является источником второго и наоборот. Кроме того, никакой поток не бывает абсолютно замкнутым. Рано или поздно любой поток окажется разомкнут. Как минимум – в результате физического износа канала. Тем не менее, в достаточно большом количестве случаев поток можно считать полностью замкнутым на все время жизненного цикла ТС. Использование же этого понятия часто облегчает анализ.

Важной особенностью замкнутых потоков является также и то, что это всегда - потоки вещества.

В ДВС примерами замкнутых потоков являются:

- Поток охлаждающей жидкости - полезный поток.
- Поток масла в двигателе - полезный поток,
- Поток загрязнений в масле - вредный поток.

Другие примеры - обратная вода в огромном количестве разных технических устройств, поток муниципального транспорта, движущегося от кольца к кольцу и обратно; поток рабочего тела в двигателе Стирлинга, поток ионов в аккумуляторах и т.д.

В целом замкнутые потоки обладают всеми свойствами потока, но их особенности предоставляют дополнительные возможности оптимизации.

² Не лишне напомнить при этом, что такой недостаток, а значит и такое направление, имеются всегда.

6.1. Канал замкнутого потока

Канал замкнутого потока в общем случае может быть трех типов:

- Раздельный для прямого и обратного потоков, которые двигаются по двум разным ветвям канала (например, поток охлаждающей жидкости или оборотной воды),
- Реверсивный, когда прямой и обратный потоки двигаются по одному каналу (рабочее тело в Стирлинге, ионы в аккумуляторе),
- Кольцевой, когда нет явно выраженного источника и потребителя (поезда на кольцевой линии метро, кольцевые токи).

Прямой ветвью замкнутого потока будем называть ту часть канала, по которой поток движется к своему потребителю. Возвратной ветвью – ту часть канала, по которой поток возвращается к источнику. Для раздельного канала этого характеризует пространственное разделение. Для реверсивного – временное разделение (часть времени один и тот же физически канал действует как прямой, часть – как обратный). Для кольцевого канала такое разделение не имеет особого смысла. Для общности можно считать весь канал состоящим только из прямой ветви.

6.2. Полезный замкнутый поток

На прямой ветви канала замкнутого полезного потока в полной мере действуют все правила совершенствования потоков, как обобщенные в данной работе, так и принятые в каждой конкретной отрасли инженерных работ.

А вот на возвратной ветви канала замкнутый полезный поток **ВСЕГДА** является вредным (не выполняя полезную функцию в системе, он обязательно потребляет какие-то ресурсы: как минимум это сам возвратный канал, который нужно проложить, и энергия, которую необходимо потратить на перемещение). **Поэтому на возвратном канале полезного замкнутого потока в полной мере действуют все правила, сформулированные для вредных потоков**, в частности, и те которые были сформулированы Литвиным и Любомирским: необходимо обеспечить как можно большую проводимость канала, как можно большую интенсивность потока, попытаться придать потоку какие-то дополнительные функции.

6.3. Вредный замкнутый поток

Для этого типа замкнутого потока также верны все правила, сформулированные для вредного потока вообще, но есть важная особенность: в этом случае субъект вредной функции многократно проходит через изделие, в связи с чем, его вредное воздействие также многократно увеличивается.

При этом, в отличие от полезного замкнутого потока, который, как бы меняет «полярность» на возвратной ветви превращаясь во вредный, исходно вредный замкнутый поток остается вредным повсюду.

Поэтому наличие в системе вредного замкнутого потока всегда является признаком более серьезного недостатка, чем вредный открытый поток.

Но зато появляется и дополнительный прием устранения указанного недостатка: необходимо разомкнуть этот поток – по сути, все тот же прием канализации.

Например, в случае замкнутого потока загрязнений в масле (а это, в том числе - абразивные частицы, наличие которых приводит к более быстрому износу двигателя) применяется обычный фильтр, который тормозит поток. Но имеет смысл поставить задачу разомкнуть поток, т.е. удалять загрязнения.

7. Особенности потока-носителя

7.1. Заменяемость носителя

Главная (часто - единственная) полезная функция потока-носителя - перемещение потока-функционала. **Поэтому поток носитель чаще всего не является единственным возможным вариантом и может быть заменен.**

Например:

- *Явно выраженный тренд замены бензиновых двигателей автомобиля на газовые, спиртовые, а также на отказ от ДВС в пользу электродвигателей является попыткой заменить поток-носитель энергии.*
- Общеизвестный пример: последовательная замена носителей энергии в разного печках: от дров (носитель энергии, представленной в химической форме) к магнитному полю (индукционный нагрев).
- В различных баках-нагревателях и охладителях могут применяться: вода, спирт, этилен-гликоль и т.п.
- Появление мобильных телефонов полностью определено переходом на другой поток-носитель информации.

Субтренд не является всеобщим, но для нужд методики можно было бы даже убрать оговорку "как правило": даже в случае неудачи попытка увидеть альтернативные носители может оказаться полезной. Во всяком случае, найти безальтернативный носитель не так-то просто (легко найти вариант, когда альтернатива экономически неэффективна или технически нереальна на сегодняшнем уровне развития техники - но совсем уж безальтернативный носитель найти очень трудно).

7.2. Вредность носителя

Поток-носитель сам по себе (если отвлечься от его функции нести собственно полезный поток) почти всегда является вредным (все, что он делает в системе помимо своей главной функции - не нужно, а ресурсы всегда потребляются). Поэтому его оптимизация обычно является важным направлением развития ТС.

Помимо общих правил совершенствования потоков существуют и специфические направления (субтренды).

7.3. Основные приемы оптимизации потока-носителя

Из двух указанных главных свойств носителя (особенно - последнего) вытекают и основные приемы (субтренды) его оптимизации:

- **Увеличение плотности потока-функционала на носителе (вплоть до замены носителя).**

Например:

- Замена в системах охлаждения воздуха на воду, а затем и различные спиртосодержащие жидкости.
- Использование более высокого рабочего напряжения в электрических силовых системах. Это далеко не всегда возможно из других соображений (в частности - из соображений безопасности), но, например, в линиях электропередачи - это тренд давний и очень эффективный.

- Более плотная загрузка транспорта (транспорт - типичный носитель полезного потока «груз»)
- Последняя революция в информатике связана с появлением широкополосных систем передачи данных
- Повышение производительности труда вполне можно рассматривать как увеличение плотности полезных операций на единицу затраченных усилий – пример, возможно, не вполне корректный, зато абсолютно актуальный.

- **Уменьшение стоимости носителя.**

Разумеется, это актуально для всех видов ресурсов. Однако, если для главного потока носителя это бывает неоправданно (велик риск потери качества), то для потока-носителя, который уже не будет присутствовать в конечном продукте - это актуально всегда.

- Тенденция замены бензина на "альтернативные виды топлива" существенно ускоряется в период дорогой нефти (хотя не спадает и в периоды дешевой)
- Очень ярко это видно в стремлении всячески сократить стоимость промышленной тары

- **Придание потоку-носителю дополнительных полезных функций.**

Например:

- Придание потребительской таре функций информации, защиты и т.д.,
- Использование в качестве кассет групповой обработки деталей будущих корпусов приборов.

7.4. Использование субтрендов для вспомогательных полезных и вторичных вредных потоков.

Поток-носитель является частным случаем вспомогательного полезного потока ДО освобождения от функционала и типичным вторичным вредным потоком ПОСЛЕ. Поэтому все правила оптимизации, потоков, изложенные в соответствующих параграфах, верны, но с обязательным учетом ДО/ПОСЛЕ (канализация носителя была бы неуместна до освобождения от функционала; точно также, после использования никакое согласование само по себе уже не нужно - нужно от него избавиться).

7.5. Замкнутые (оборотные) потоки-носители

Поток-носитель очень часто может использоваться неоднократно, возвращаясь к пункту "загрузки функционалом". Но делается это далеко не всегда: значительную часть пути/времени возвращаемая "тара" крутится пустой. Критерий здесь, в общем-то, понятен: если стоимость возврата ниже стоимости самого потока-носителя, то его следует возвращать. И наоборот.

Соответственно, возникают два субтренда:

- **Уменьшение стоимости носителя (см. выше)**
- **Уменьшение стоимости оборота носителя (см. «замкнутый поток»).**

Эти два субтренда вполне могут развиваться одновременно.

- Типичный пример: оборотная тара. Голубая мечта производителей - бестарное производство. Но, поскольку это удается нечасто, огромные усилия тратятся на реализацию этих двух субтрендов. Типичный пример: сбор пустых бутылок.
- Вместе с тем, внутризаводская промежуточная тара бывает оборотной очень часто - оборот короткий, легко управляемый и т.д.
- Другой пример: грузовой транспорт. Поэтому при каждой возможности пытаются использовать попутный транспорт (довольно крупные фирмы на окраинах больших городов неплохо живут использованием этого тренда). Универсальные контейнеры и собственно транспортные системы, строго заточенные под такие контейнеры, также неплохо помогают увеличить оборотность.
- Если в качестве теплоносителя используется вода, ее часто сбрасывают в канализацию после использования. Но как только используется какой-нибудь рассол, тосол и т.п. – он почти всегда становится многооборотным.

Общее правило (необязательное, но часто реализуемое): если поток-носитель полностью крутится в системе, его можно сделать многооборотным и, как правило, это очень эффективно. Если же поток выходит в надсистему, эффективность его возврата резко падает.

- Яркий пример: системы оборотного водоснабжения внутри одного производства, пусть даже крупного, легко могут быть замкнутыми, но уже для небольшого поселка (часто гораздо меньшего, чем упомянутое производство) - почти никогда.

8. Алгоритм потокового анализа

Существует два основных подхода к составлению методик анализа и работы в ТРИЗ. Условно их можно назвать «пошаговая стратегия» и «пошаговый алгоритм».

Пошаговая стратегия описывает основные направления, оставляя решателю достаточный простор для фантазии и творчества. Пошаговый алгоритм предполагает буквальное или почти буквальное следование достаточно подробно прописанным предписаниям. Характерными примерами являются АРИЗ-68 [21], состоящий из 5 частей, разделенных в общей сложности на 25 шагов, и АРИЗ-91 (МУНТТР) [14], также состоящий из 5 частей, но уже разделенных более чем на 80 шагов и снабженный вдобавок несколькими десятками примечаний. Довольно часто такой пошаговый алгоритм снабжен также диаграммой алгоритма по типу:



Взято в цитируемой работе О. М. Герасимова [9].

«Пошаговая стратегия» часто воспринимается как «упрощенная ТРИЗ» (easy TRIZ), а «пошаговый алгоритм» как «продвинутая ТРИЗ» (advanced TRIZ). Это не совсем так. Например, АРИП Г. Иванова [22] представляет собой типичный алгоритм, хотя и ориентирован именно на легкое восприятие слабо подготовленным (в части ТРИЗ) слушателем.

Представляется, что пошаговая стратегия больше ориентирована на освоение и использование специалистом, который остается специалистом в своей локальной области, просто применяющим ТРИЗ в качестве одного из своих рабочих инструментов наряду с другими.

Пошаговый алгоритм требует значительно большего объема если не знаний, то навыков в применении ТРИЗ и используется тогда, когда задача оказывается нерешенной традиционными методами. На практике трудно представить себе, чтобы инженер на производстве был в состоянии подробно и вдумчиво пройти всеми шагами АРИЗ-91. ТРИЗ-профессионалы также пользуются этим непростым в применении инструментом только в случае необходимости. Но с другой стороны, когда задача не решается в лоб, часто ничего другого уже не остается.

Таким образом, оба подхода выглядят правомерными каждый в своих условиях применения. Поэтому представляется важным иметь два варианта методики для каждого инструмента ТРИЗ.

Для потокового анализа имеется еще и третий подход. Выше неоднократно упоминалось, что потоковый анализ есть специальный частный случай функционального. Поэтому желателен специальный инструмент для организации такого перехода.

Поэтому в данной главе приведены три алгоритма проведения анализа для разных применений.

8.1. «Пошаговый алгоритм» проведения потокового анализа

1. Выбрать систему для анализа, выбрать целевой недостаток. Составить компонентную модель для потоков и связанных с ними статических компонентов

Примечание 1. Как и при построении ФМ важным является выбор компонентов одного системного уровня, т.е., не являющихся компонентами друг друга. При этом целесообразно ограничиться количеством не более, чем 6-9 компонентов и потоков.

Примечание 2. При этом необходимо помнить, что каждый материальный поток всегда сопровождается вспомогательными: энергетическим и информационным. Исключение этих вспомогательных потоков из рассмотрения возможно, но это всегда должен быть сознательный выбор. В частности потому, что управление вспомогательными потоками часто - важный инструмент управления основным. Их исключение еще на этапе компонентной модели закрывает такую возможность.

2. Составить модель для главных потоков (полезных и вредных – т.е. тех, которые определены принципом действия).

Примечание 3. Модель строится в виде графа, в котором узлами являются статичные компоненты модели, а связями потоки, как показано в Приложении 2 к Алгоритму. В модели учитываются:

- *наличие дополнительной временной оси*
необходимость раздельного обозначения полезных и вредных потоков и области/момента перехода потока из полезного во вредный
- *наличие преобразований потоков*
- *места возникновения и выхода в надсистему паразитных потоков*
- *наличие замкнутых потоков*

3. При необходимости, добавить в модель энергетические и информационные потоки

Примечание 4. Порядок введения потоков может быть изменен, например, если проект носит «энергетический» или «информационный» характер. Но в случае, когда в модели рассматриваются разные типы потоков, целесообразен именно такой порядок.

4. При необходимости, добавить в модель паразитные потоки.

Примечание 5. На графе модели разные типы потоков обозначаются разным цветом. В таблице – обозначением в отдельном столбце, хотя удобнее для наглядности продублировать и цветом также.

5. Определить значения главного параметра каждого из потоков и оценить уровень этого параметра по шкале Избыточно/Адекватно/Недостаточно.

Примечание 6. Чаще всего (но не обязательно!) главным параметром для потока является его интенсивность ($[A=K/\text{сек}]$, $[м^3/\text{сек}]$, и т.д.).

Абсолютные значения параметров часто проставить затруднительно. В этом случае нужно как минимум проставить возможный диапазон.

6. Отметить на графе вредные и паразитные потоки, а также неадекватно выполняемые разным цветом
7. В силу формальности процедуры шагов 2-4 в модели могут оказаться потоки, реально не текущие. Убрать их из модели.

Примечание 7. Важным, но необязательным, признаком такого потока является отсутствие значений параметров как таковых.

8. Составить модель в табличной форме

Примечание 8. Таблицу и граф можно составлять и одновременно. Но чаще оказывается удобнее сначала составить граф, а затем таблицу. При этом граф наглядно отражает структуру потоков, а таблица – их параметры

9. С учетом выбранного целевого недостатка убрать из модели незначительные (несущественные) потоки. На этом же шаге удалить те каналы потока, где поток не претерпевает никаких значимых изменений

Примечание 9. В качестве незначительных могут взяты потоки как малой абсолютной интенсивности, так и потоки, несущественные в рамках данного проекта.

Примечание 10. В ходе анализа мы еще не знаем заранее, какой поток важен (иначе не нужен анализ). Поэтому делать это нужно очень осторожно. В случае сомнений лучше оставить в модели несущественный поток, чем убрать тот, который позже может оказаться ключевым. В случае серьезных сомнений шаг 8 можно пропустить.

10. Убрать каналы из графа модели (не убирая их из таблицы)

Примечание 11. В канале потоки претерпевают незначительные изменения. Поэтому их можно убрать из графа для упрощения визуального восприятия. При этом в табличной форме модели каналы должны остаться!

Одновременно происходит проверка правильного определения канала: если компонент осуществляет сильные изменения потока, правильнее классифицировать его как приемник потока (и одновременно – источник следующего, преобразованного).

Примечание 12. Пункты 8-10 выполняются для упрощения модели. В случае достаточно простой и наглядной модели могут быть пропущены

11. Уточнить табличную форму модели по результатам проведения п.п. 9, 10, 11.

Примечание 12. Пункты 9-12 предназначены для упрощения модели в случае, если она оказалась перегружена ненужными компонентами. Для сравнительно простых моделей пункты можно не выполнять. В ФА этим пунктам соответствует рекомендация проведения итерационных процедур.

12. Выделить в модели участки потока, имеющие недостатки. Недостатками являются:
- участки потока с неадекватными параметрами (включая бутылочные горлышки и застойные зоны)
 - участки, в которых канал изменяет (нарушает) поток или поток изменяет (разрушает) канал
 - серые зоны
 - точки преобразования потока с высокими потерями
 - точки возникновения паразитных потоков

Выделение совершать путем введения дополнительных столбцов в табличной форме модели.

Примечание 13. Недостатки можно выделить и на графе. Однако, очень часто граф становится перегруженным различными обозначениями и трудным для визуального восприятия. Поэтому аналитические пункты алгоритма необходимо проводить в табличной форме, вынося в граф лишь ту информацию, которая поможет восприятию (исходя из целей проекта).

Аналитическая часть алгоритма

13. Выделить фрагменты с однородными потоками (и взаимодействующими с ними). Сформулировать (уточнить) недостатки.

14. Классифицировать все вредные или неадекватно выполняемые полезные потоки по классификационным признакам (см. Приложение 1 «Классификатор потоков»).
15. Записать список выявленных недостатков и ранжировать его
Примечание 14. При ранжировании использовать данные выполнения п. 12. Кроме того, может понадобиться построение причинно-следственно цепочек недостатков.
16. Сформулировать задачи на устранение недостатков относительно параметров потока или элементов канала с учетом рекомендаций, изложенных в главах 4-7 и Приложения 1 «типовые методы устранения недостатков потоковой модели».
17. Основные принципы устранения найденных недостатков.
- 17.1. Недостатки, не формирующие противоречие, устраняются, как правило, с помощью отраслевых приемов и методов.
- 17.2. Недостатки, формирующие противоречивые требования к потокам и/или связанным с ними компонентам, целесообразно разрешать в первую очередь – с помощью приемов и рекомендаций, описанных в главе «классификация потоков»
- 17.3. Для недостатков, сформулированных относительно параметров канала – См. главу «Переход от потокового анализа к функциональному»

Примечание 15. Основные (типовые) свойства каналов, сравнительно легко поддающиеся изменениям:

- *Параметры проводимости канала*
 - *Бутылочное горлышко*
 - *Застойная (буферная) зона*
 - *Длина канала*
 - *Удельное сопротивление канала*
 - *Плотность потока в канале*
 - *Количество преобразований потока*
 - *Параметры изменения потока*
 - *Серая зона*
 - *Канал изменяет (нарушает) поток*
 - *Поток изменяет (разрушает) канал.*
- 17.4. Для недостатков, сформулированных относительно параметров потока – формулировать задачи для пары источник/потребитель. См. **приложение 1.**
- Примечание 16. Например, если хотим повысить напряжение в ЛЭП – начинаем с трансформаторов и только потом смотрим на саму ЛЭП. Если хотим повысить давление в газопроводе – смотрим на компрессор-детандер и только потом думаем о трубе*

Примечание 17. Пример работы по данному алгоритму см. в приложении 2. Поточковый анализ, показанный в этом приложении, проводился в ходе выполнения реального проекта для Samsung SDI. В силу условий конфиденциальности ряд численных значений опущен. Кроме того, некоторые шаги показаны не в полном объеме, а как примеры (Санки-диаграммы, примеры решений). Данный пример является примером сложного анализа, после неудачных попыток провести потоковый анализ традиционным методом.

8.2. Переход от потокового анализа к функциональному

Как уже указывалось, потоковый анализ является частным случаем функционального. При этом часто необходимо учесть взаимодействие статических компонентов не только с потоками, но и друг с другом. Ниже описана процедура перехода от потокового анализа к функциональному.

1. Построение ПМ по предложенной методике
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. Построение функциональной модели для компонентов, связанных с проблемным потоком и проводим стандартный ФА.

Примечание 18. Собственно говоря, это – стандартный и широко применяемый практиками прием: строить детальную ФМ более глубокого системного уровня для проблемной части системы, выявленной моделями верхнего уровня.

5. Сформулировать недостатки, связанные со взаимодействием статических компонентов, и сформулировать задачи на их устранение.

8.3. «Пошаговая стратегия» проведения потокового анализа

В сравнительно простых случаях ее может оказаться достаточно. Рекомендована для специалистов в конкретных областях.

1. Идентифицировать потоки.
Выписать имеющиеся в системе потоки, имеющие отношение к цели проекта
2. Указать тип потока: полезный/вредный/паразитный.
Для полезных потоков указать уровень выполнения главной функции: адекватно/недостаточно/избыточно
3. Для каждого потока определить источник, канал, приемник.
4. Классифицировать потоки.
Классификацию проводить согласно главе 3 «Типы потоков»
5. Сформулировать недостатки.
В качестве недостатков принять вредные и паразитные потоки, а также неадекватность выполнения главной функции полезным потоком

6. Сформулировать задачи по устранению недостатков.

9. Список использованной литературы

- ¹Альтшуллер Г.С., Творчество как точная наука. - М.: Сов. радио, 1979. Законы развития систем; 2. Закон «энергетической проводимости» системы [http://www.i-con.ru/files/content/db/348/\[Altshuller_G.S.\]_Tvorchestvo_kak_tochnaya_nauka._\(BookFi.org\).pdf](http://www.i-con.ru/files/content/db/348/[Altshuller_G.S.]_Tvorchestvo_kak_tochnaya_nauka._(BookFi.org).pdf)
- ²Альтшуллер 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 ч. 1, стр. 56
- ³Юрий Петрович Саламатов, 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>
- ⁴«Энергетический анализ технических систем». Баку, 1974
- ⁵Владимир 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>
- ⁶Литвин С. С., Любомирский А.Л. Законы развития технических систем, февраль 2003, <http://www.metodolog.ru/00822/00822.html> п. 5.1.4.
- ⁷Герасимов В.М. и др. Применение методов технического творчества при проведении функционально-стоимостного анализа: Методические рекомендации. М.: "Информэлектрон", 1990, 60 с.
- ⁸Герасимов В.М. и др. Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа: Методические рекомендации.- М:Информ-ФСА, 1991. - 40 с.
- ⁹Герасимов О. М. "Технология выбора инструментов инновационного проектирования на основе ТРИЗ-ФСА" <http://triz-summit.ru/ru/203864/204737/204739/>п. 4.9
- ¹⁰А. Ефимов. Поточный анализ технологических операций <http://www.metodolog.ru/01463/01463.html>
- ¹¹Кашкаров А. Г. Вещественно-энергетические преобразования в технической системе. Методика построения и анализа моделей. <http://triz-summit.ru/ru/203864/204357/204590/>
- ¹²Знакомьтесь: диаграммы Сэнкей / Sankey <http://infographer.ru/sankey-diagrams/>
- ¹³Energy and the challenge of sustainability <http://www.undp.org/content/dam/aplaws/publication/en/publications/environment-energy/www-ee-library/sustainable-energy/world-energy-assessment-energy-and-the-challenge-of-sustainability/World%20Energy%20Assessment-2000.pdf>
- ¹⁴АРИЗ-91 МУНТТР, Часть 2 <http://triz-summit.ru/205253/203840/204230/204231/204295/>
- ¹⁵Литвин С. С., Любомирский А.Л. Законы развития технических систем, февраль 2003, <http://www.metodolog.ru/00822/00822.html> п. 3.3.1.
- ¹⁶Герасимов О.М. "Технология выбора инструментов инновационного проектирования на основе ТРИЗ-ФСА" <http://triz-summit.ru/ru/203864/204737/204739/>п. 4.4.8.3
- ¹⁷Литвин С. С., Любомирский А.Л. Законы развития технических систем, февраль 2003, <http://www.metodolog.ru/00822/00822.html>п. 5.1.4.1.2.1.9
- ¹⁸Защита автомобильных дорог от селевых потоков. Информационный сборник. http://www.znaytovar.ru/gost/2/Avtomobilnye_dorogi_Nauchnotex.html
- ¹⁹Mitsubishi Pajero iO Mezurashī kemono › Бортжурнал › Немного о картерных газах. <http://www.drive2.ru/l/670559/>
- ²⁰Леняшин В.А., Хёджун Ким "Вредная система"Использование этого понятия в современной ТРИЗ <http://www.metodolog.ru/00859/00859.html>
- ²¹АРИЗ-68 <http://www.altshuller.ru/triz/ariz68.asp>
- ²²АРИП-2011 <http://www.trizland.ru/trizba/1886>