

*Девойно Игорь Георгиевич*

---

# *Развертывание технических систем*

---

***Автореферат***

***диссертационной работы для сертификации по ТРИЗ на высший уровень (Мастер ТРИЗ)***

Научный консультант:  
Литвин Семен Соломонович,  
ТРИЗ Мастер

***Минск  
2009***

## Оглавление

1	Актуальность темы исследования.....	3
2	Цели исследования .....	3
3	Обзор известных подходов по данной проблеме .....	3
4	Результаты проведенного исследования .....	4
4.1	Классы функций при развертывании технических систем .....	4
4.2	Функции увеличения количества операций над изделием и увеличения количества обрабатываемых изделий .....	6
4.2.1	Расширение технологического процесса .....	6
4.2.2	Сочетаемые функции .....	6
4.2.3	Ресурсные функции.....	6
4.2.4	«Иерархические» функции и потребности человека .....	6
4.2.5	Маркетинговые функции .....	7
4.3	Функции вытеснения пользователя из технической системы .....	7
4.3.1	Уровни выполнения функции .....	7
4.3.2	Операции с информацией .....	7
4.4	Функции взаимодействия с надсистемой .....	8
4.5	Функции борьбы с вредными функциями. ....	8
5	Новизна и личный вклад соискателя .....	9
6	Выводы и рекомендации по применению .....	9
7	Практика применения .....	10
8	Список работ, опубликованных по теме диссертации .....	10

## 1 Актуальность темы исследования

---

Как показано в работах Саламатова, развитие главной полезной функции технических систем происходит как результат взаимодействия двух противоположных процессов - образования идеальных веществ и развертывания (бегущая волна идеализации) - являющиеся ответом на «претензии внешней среды».

В качестве механизмов образования идеальных веществ могут рассматриваться свертывание технических и объединение альтернативных систем. Эти механизмы поддерживаются подробными методиками, которые многократно проверены при решении практических задач и широко используются при совершенствовании технических систем.

Механизм же развертывания технических систем недостаточно изучен. Существующие подходы недостаточно детализированы и поэтому результаты их применения не вполне отвечают критерию повторяемости результатов<sup>1</sup>.

Между тем, в связи с высокой функциональной насыщенностью технических систем успешность их продвижения на рынке во многом определяется не только эффективностью выполнения главной функции, но и наличием, и эффективностью выполнения неглавных функций. И зачастую потребители ориентируются на наличие и качество выполнения неосновных функций, подразумевая, что главные функции технической системы выполняются по умолчанию качественно и надежно.

В этой связи методики определения функций для технических систем, которые будут востребованы пользователями, становятся все более актуальными.

## 2 Цели исследования

---

Основными целями исследования являются:

1. Анализ функциональности технических систем.
2. Выявление закономерностей появления новых востребованных функций в технических системах.
3. Разработка методик формулирования новых востребованных функций в технических системах.

## 3 Обзор известных подходов по данной проблеме

---

Основные направления работ, касающихся развертывания технических систем<sup>2</sup>, являются следующие:

---

<sup>1</sup> Результаты применения методики к одному объекту техники различными пользователями должны быть достаточно близкими.

Закон перехода в надсистему (развертывание по линии «моно- би- поли-» ).

Неоднородные би- и поли- системы со сдвинутыми характеристиками, а также многофункциональные би- и поли- системы выполняют большее число функций и увеличивают универсальность технических систем.

Бегущая волна идеализации

Под действием претензий внешней среды развитие технических систем происходит как результат одновременного свертывания и развертывания технических систем. Механизм «моно- би- поли-» рассматривается как механизм развертывания.

Закон полноты частей системы (закон вытеснения человека из системы)

Формулировки этого закона указывает на механизм появления новых функций в технических системах – выполнение технической системой тех функций, которые раньше выполнял сам пользователь.

Закон удовлетворения потребностей человека

Имеются различные классификации потребностей человека. Существуют и закономерности их формирования. Соответственно, технические системы должны удовлетворять эти потребности.

Человеко-машинный интерфейс, эргономика и «юзабилити»

Рассматривается комфортность работы пользователя технических систем с точки зрения удобства пользования технической системой, легкости управления. Значительное внимание уделяется легкости понимания того, как управлять устройством, процессами восприятия информации. Используются подходы, пересекающиеся с законом вытеснения человека из технической системы.

В целом анализ работ по теме развертывания технических систем показал что, развертыванию технических систем в исследованиях уделяется значительное внимание. Однако уровень детализации, недостаточен, чтобы разработать методики развертывания технических систем. Этим, по всей видимости, и объясняется отсутствие детальных методик.

Проанализированные материалы дают основание считать, что проблема функционального наполнения технических систем нуждается в более детальном анализе, необходимом для разработки конструктивных методик.

## **4 Результаты проведенного исследования**

---

### **4.1 Классы функций при развертывании технических систем**

---

В результате анализа сформулированы следующие типы функций, появляющиеся при развертывании технических систем.

1. Функции, направленные на изделие:
  - а. увеличение количества действий над изделием

---

<sup>2</sup> Детальный обзор литературы приведен в самой работе.

- b. увеличение количества обрабатываемых изделий.
2. Функции вытеснения человека из технической системы.
  3. Функции взаимодействия с надсистемой
  4. Функции борьбы с вредными функциями.

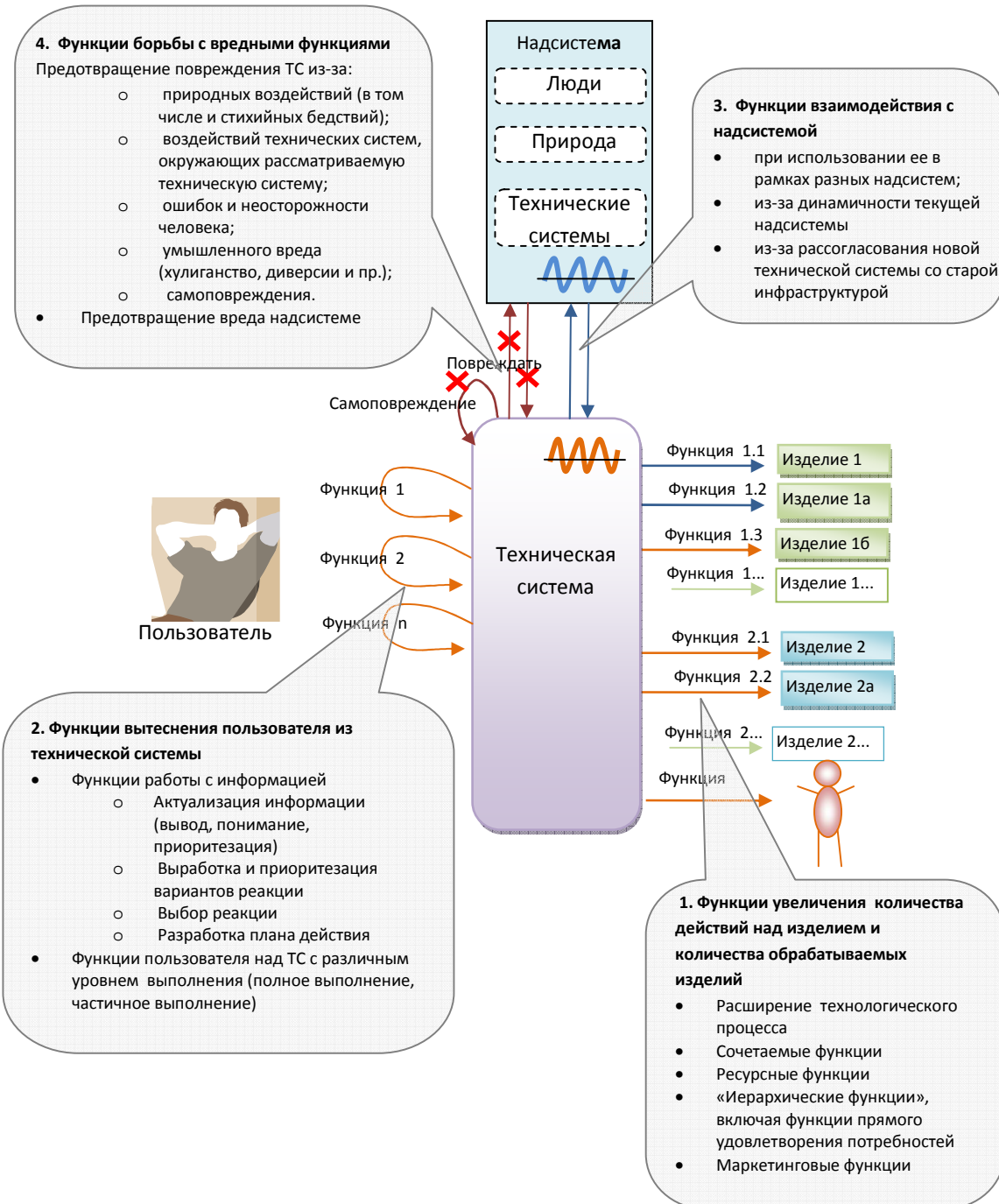


Рис. 1 Схема развертывания технической системы

Каждый тип функций, по сути, определяет закономерность развертывания технических систем.

## 4.2 Функции увеличения количества операций над изделием и увеличения количества обрабатываемых изделий

---

Закономерность состоит в увеличении количества действий, выполняемых технической системой над изделием и увеличением количества обрабатываемых изделий.

Востребованность таких функций обусловлена тем, что потребитель в любом случае должен выполнить все эти функции для изготовления изделия. И для потребителя удобно иметь возможность выполнения таких функций с помощью одной технической системы, что снижает часть его затрат и повышает удобство.

А востребованность функций, направленных на удовлетворения потребностей человека, связана с самой их сущностью – они напрямую приносят результат, актуальный для потребителя.

Дополнительной пользой от введения функций данного класса является то, что они зачастую выполняются на тех этапах жизненного цикла технической системы, на которых ранее полезные функции не выполнялись. Тем самым снижается доля времени и затрат вспомогательных этапов жизненного цикла технической системы.

Ниже приведены группы функций, относящиеся к данному классу.

### 4.2.1 Расширение технологического процесса

---

Техническая система выполняет над изделием одно или несколько действий. Но чаще всего эти действия лишь часть «операций» из полного технологического процесса обработки изделия.

Техническая система часто «принимает на себя» выполнение функций тех операций технологического процесса обработки изделия, которые она ранее не выполняла.

### 4.2.2 Сочетаемые функции

---

Техническая система предполагает выполнение своих функций над изделием в рамках определенной надсистемы. Достаточно часто в рамках этой же надсистемы пользователь системы выполняет и другие функции (вручную или с помощью других технических систем). Объектом этих функции может быть как изделие, обрабатываемое технической системой, так и другие изделия.

Такие функции называются «сочетаемыми» и их выполнение также может принимать на себя техническая система.

### 4.2.3 Ресурсные функции

---

Техническая система обладает набором вещественных и энергетических ресурсов. А раз эти ресурсы существуют, то они часто задействуются для выполнения новых функций технической системы на тех этапах жизненного цикла, на которых ранее не предусматривалось выполнение главной функции технической системы

Востребованность таких функций обусловлена тем, что потребитель с помощью технической системы снижает часть своих затрат и расширяет долю этапа эксплуатации технической системы в рамках всего жизненного цикла ТС.

### 4.2.4 «Иерархические» функции и потребности человека

---

При выполнении функции достигается определенный набор результатов по изменению параметров изделия в желаемом направлении. Этот набор результатов выполняется для достижения другого набора результатов для изменения параметров другого изделия. Это – следующий иерархического уровень результатов.

На самом высоком уровне иерархии - удовлетворение определенной потребности человека.

Техническая система может принимать на себя выполнение функций из различных уровней иерархии результатов, включая удовлетворение потребностей человека.

#### 4.2.5 Маркетинговые функции

---

Если объектом воздействия технической системы становятся люди, на которых техническая система может оказать определенное влияние, то эта особенность достаточно часто используется, чтобы привлечь внимание людей к этой технической системе как к товару. Такого рода функции можно назвать маркетинговыми.

Особенность этих функций заключается в таком воздействии на потребителя (чаще всего эти функции - информационные), чтобы возбудить у него интерес к технической системе.

#### 4.3 Функции вытеснения пользователя из технической системы

---

Закономерность состоит в том, что техническая система, выполняет все большее количество функций ранее выполняемых пользователем по управлению технической системой, ее обслуживанию, ремонту и т. д.

Востребованность этого класса функций определяется тем, что снижаются (иногда даже до нуля) затраты пользователя на их выполнение.

##### 4.3.1 Уровни выполнения функции

---

Можно рассматривать следующие уровни выполнения функций технической системой:

- А. Полное выполнение функции, ранее выполняемой пользователем (максимально возможный вариант)
- В. Частичное выполнение функции, ранее выполняемой пользователем

##### 4.3.2 Операции с информацией

---

При выполнении функций, в которых объектом является техническая система, пользователь всегда выполняет также определенное количество функций, объектом которых является информация.

Пользователь получает информацию о состоянии технической системы, изделия и надсистемы.

После этого он должен обработать эту информацию, а именно:

- понять ее;
- приоритезировать – выделить из всей поступающей информации ту, которая влияет на его действие и в ней выделить более значимую информацию;
- придумать возможные варианты действий (а таких вариантов может быть несколько);
- приоритезировать их;
- выбрать наилучший вариант;
- разработать план по реализации действий.

И лишь только после этого всего пользователь выполняет функцию над изделием или корректирует выполнение этой функции.

Технические системы при развертывании берут на себя выполнение полностью или частично этих информационных функций.

Соответственно в технической системе появляется информационная инфраструктура, обеспечивающая выполнение информационных функций:

- датчики которые «считывают» информацию в технической системе;
- преобразователи, которые преобразуют информацию в удобный для передачи и анализа вид;
- процессоры, которые занимаются анализом информации и вырабатывают решение;
- преобразователи, которые это решение преобразуют в сигнал;
- передатчики, приемные устройства, проводящие устройства, которые обеспечивают обмен информацией между устройствами, перечисленными выше;
- исполнительные механизмы, которые под действием управляющего сигнала выполняют найденное решение.

#### 4.3.2.1 Информационные функции 2 уровня

Информационные системы 2-го уровня обеспечивают:

- Наблюдение за выполнением системой функций, которые она полностью или частично выполняет
- Информация о способах управления системой

#### 4.4 Функции взаимодействия с надсистемой

Закономерность состоит в том, что техническая система выполняет функции по повышению эффективности взаимодействия ее с надсистемой.

Необходимость улучшения взаимодействия ТС с надсистемой проявляется в случаях:

- когда предполагается, что техническая система должна использоваться в рамках разных надсистем;
- когда надсистема в рамках, которой находится техническая система, сама является динамичной, то есть меняет свой состав и/или характеристики во времени.
- Когда техническая система опережает развитие надсистемы

Востребованность этого вида функций вызвана тем, что благодаря «врастанию» технической системы в надсистему возможности технической системы возрастают и снижаются затраты на согласование системы с надсистемой «вручную» или с помощью отдельных специальных устройств.

#### 4.5 Функции борьбы с вредными функциями.

Закономерность состоит в том, что техническая система, выполняет все большее количество функций, обеспечивающих нейтрализацию вредных функций, направленных как на саму техническую систему, так и вовне – на элементы надсистемы, пользователя и изделие.

При этом механизмы проявления этих функций аналогичны механизмам вытеснения пользователя из технической системы: появляется аналогичная информационная инфраструктура.

#### 4.6 Методики

Для каждого типа функции разработаны методики их формулирования. Общей их чертой является то, что вначале на основе разработанной классификации и анализе взаимодействия технической системы с изделием, пользователем и надсистемой формулируются те функции, которые могут быть перенесены на техническую систему. То есть компоненты технической системы (уже существующие



или те, которые должны будут добавлены), должны выполнять новые функции. А затем предусматривается процедура свертывания носителей этих функций.

## **5 Новизна и личный вклад соискателя**

---

1. Разработана классификация функций, обеспечивающих развертывание технических систем (Рис. 1).

2. Предложена классификация функций «увеличения количества действий над изделием»:

- расширение технологического процесса,
- сочетаемые функции,
- ресурсные функции,
- «иерархические функции», включая функции прямого удовлетворения потребностей,
- маркетинговые функции.

Использован иерархический подход к описанию результатов выполнения функции технической системы над изделием. Показано, что человек может быть объектом функций технической системы, даже если главные ее функции воздействуют не на человека.

3. Детализированы механизмы «вытеснения» человека из технической системы:

- За счет различных уровней выполнения технической системой функций пользователя
- За счет принятия технической системой функций пользователя по работе с информацией:
  - актуализация информации (вывод, понимание, приоритезация),
  - выработка и приоритезация вариантов реакции,
  - выбор реакции,
  - разработка плана действия.

Показана закономерность развертывания в ТС инфраструктуры, поддерживающей работу с информацией.

4. Детализирован механизм появления функций по взаимодействию с надсистемой. Показано влияние различных надсистем на функциональное наполнение технических систем.

5. Детализирован механизм появления функций по борьбе с вредными функциями направленными как на техническую систему, так и на надсистемы.

6. Для каждого из классов функций приведены причины, по которым данный класс функций является потенциально востребованным потребителями.

7. Для каждого класса функций разработана методика их формулирования, которые с достаточно высокой степенью вероятности обеспечивают повторяемость результатов применения методики.
8. Показаны особенности развертывания технических систем на разных этапах их жизненного цикла.
9. Основные положения работы разработаны соискателем и изложены в 5-х публикациях (см. раздел 8).

## **6 Выводы и рекомендации Выводы и рекомендации по применению**

---

Разработана классификация функций развертывания технических систем (функции увеличения количества операций над изделием и количества обрабатываемых изделий, функции вытеснения человека из технической системы, функции взаимодействия с надсистемой, функций по борьбе с вредными функциями), которые являются потенциально востребованными для потребителей.

Разработаны методики формулирования каждого класса функций.

Данные методики могут быть использованы в качестве составной части методики ближнего и среднесрочного прогноза развития технических систем.

Методики легко могут быть адаптированы для использования в различных специфических условиях, например, для разработки программного обеспечения, анализа интерфейсов взаимодействия человека и технической системы и т. д.

## **7 Практика применения**

---

Первая полномасштабная проверка методики была проведена автором в рамках работы выполняемой в 1991 году для Института цифрового телевидения при Минском заводе «Горизонт», одной из целей которых было выявление новых возможных функций телевизоров.

Далее методика использовалась специалистами ИМКорп при выполнении консультационных проектов и при разработке функционального наполнения программных комплексов «TechOptimizer» и «Goldfire Innovator».

## **8 Список работ, опубликованных по теме диссертации**

---

1. Девойно И.Г. Усложнение технических систем. - Журнал ТРИЗ т.2, № 1, 1991.
2. Devoino I. Forecasting additional functions in engineering systems. Proceeding of ICED-93. The Hague, 17-19 August Vol.1, 1993, pp 274-277.
3. I.Devoino. Zdokolonavani techickyh systemu. Tvorby a reseni invachnich zadani (TRIZ) / BRNO.1997. Str. 208.
4. Девойно И.Г. Функциональное наполнение ТС. – Журнал ТРИЗ. - Обнинск: Протва-Прин, 1996, 1 (№11)
5. Девойно И.Г. Прогнозирование дополнительных функций в технических системах/ / Тезисы докладов 3-го научного семинара по проекту «Изобретающая машина» (Минск, 15-17 сентября 1992), с.10-13.