ОБЩЕСТВЕННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТРИЗ

Для преподавателей и разработчиков ТРИЗ

К теории развития технических систем (ТРТС)

ИДЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Исследование и разработка пространственно-временной модели эволюции технических систем (модель "бегущей волны идеализации") на примере развития ТС "Тепловая труба"

(сентябрь 1983 г. - июнь 1984г.)

авторы: к.т.н., доцент, зав. каф. ТСП Красноярского инженерно-строительного института
САЛАМАТОВ ЮРИЙ ПЕТРОВИЧ
ассистент каф. ТСП
КОНДРАКОВ ИГОРЬ МИХАЙЛОВИЧ

руководитель: Г.С.АЛЬТШУЛЛЕР

Красноярск - 1984 г.

Красноярск, 2000 г.,
© Саламатов Ю.П.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ВВЕДЕНИЕ. 4

ГЛАВА 1. ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ: СИНТЕЗ СИСТЕМЫ, ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ. 6

1.1.Тепловая труба как техническая система: функции, структура, свойства. 6
1.1.1. Общая часть. *6*
1.1.2. Принцип действия тепловой трубы. *8*
1.1.3. Конструкция тепловой трубы. *9*
1.1.4. Функция, основные свойства и области работы ТТ. *11*
1.2. Период синтеза тепловой трубы. 12
1.2.1. Общая часть. *12*
1.2.2. Реконструкция процесса синтеза ТТ. *13*
1.2.3. Пояснение к схеме синтеза ТТ. *16*
1.3. Вещественно-полевая и функциональная совместимость. 23
1.4. Период массового применения. 25
1.4.1. Прямое использование основных свойств ТТ. *28*
1.4.2. Прямое использование вторичных свойств ТТ. *31*
1.4.3. Использование "образа" моно -ТС. *31*
1.4.4. Использование ТТ с изменениями геометрии. *33*
1.4.5. Использование ТТ с изменением вещества. *34*
1.4.6. Использование ТТ с изменением подсистем. *34*
1.4.7. Использование ТТ с исключением веществ и подсистем. *35*
1.4.8. Использование ТТ с введением промежуточной ТС. *35*
1.4.9. Использование ТТ с совмещением ее с другой ТС на уровне вещества. *36*
1.4.10. Использование ТТ с совмещением ее с другой ТС на уровне подсистем. *38*
1.4.11. Использование ТТ с полным совмещением ее с другой ТС. *38*
1.4.12. Использование ТТ с образованием би-системы. *39*
1.4.13. Использование ТТ с образованием поли-системы. *40*
1.4.14. Использование ТТ с образованием сложных систем. *41*
1.5. Период развития ТТ. 42
1.5.1. Рабочая жидкость ($В_1$). *42*
1.5.2. Транспорт рабочей жидкости ($ПС_1$). *48*
1.5.3. Транспорт пара ($ПС_2$). *53*
1.5.4. Корпус ($В_2$). *55*
1.5.5. Зоны теплообмена ($ПС_3$) *58*
1.6. Период появления и развития полезно-функциональных подсистем. 61
1.6.1. Выявление новых функций и обеспечение их дополнительными подсистемами. *61*
1.6.1.1. Тепловые выключатели и диоды. 61
1.6.1.2. ТТ переменной проводимости. 64
1.6.2. Появление новых идеальных веществ и поглощение ими подсистем. *74*
1.6.3. Формирование новой моно-ТС. *80*

ГЛАВА 2. ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ: АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ТС "ТЕПЛОВАЯ ТРУБА", ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИДЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. **82**

2.1. Виды идеализации технических систем. 82
2.2. Модель технической системы. 87
2.2.1. Закон соответствия организаций ТС и окружающей среды. *91*
2.3. Схема эволюции технических систем. 93
2.4. Взаимодействие законов развития технических систем в процессе эволюции. 103

ГЛАВА 3. ЭВОЛЮЦИЯ ВЕЩЕСТВА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: ЭТАПЫ ИДЕАЛИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ТС "ТЕПЛОВАЯ ТРУБА" **111**

3.1. Этажная схема идеализации вещества. 111
3.2. Взаимодействие процесса идеализации вещества с известными законами развития

ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. 117

ГЛАВА 4. ДИНАМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ: АДАПТАЦИЯ, МЕХАНИЗМЫ, ДИАЛЕКТИКА ПРОЦЕССА. 119

4.1. ДИНАМИЗАЦИЯ КАК НЕОБХОДИМЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. 119
4.1.1. Что такое динамизация? *119*
4.2. ОБЩАЯ СХЕМА ДИНАМИЗАЦИИ 130
4.2.1. Эмпирическая схема динамизации. *130*
4.2.2. Теоретическая схема динамизации. *137*
4.2.3. Цепочки динамизации технических систем. *144*
4.2.3.1. Динамизация ТС взаимодействующих с ОС 144
4.2.3.2. Динамизация ТС взаимодействующих с технической средой 158
4.2.4. Прогнозирование: цепочки -"ДНК" динамизации ТС. *170*
4.2.5. Физические, химические и геометрические эффекты на этапе динамизации технических систем. *171*
4.2.6. Взаимосвязь динамизации с законами развития технических систем. *172*
4.2.7. Антидинамизация. *173*
4.3. ДИАЛЕКТИКА ДИНАМИЗАЦИИ. 173

ВЫВОДЫ 178

ЛИТЕРАТУРА 180

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ 181

ПОСЛЕСЛОВИЕ-2000 182

1. ЦЕЛИ ПУБЛИКАЦИИ. 182
2. МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ ТЕХНИКИ И ЦИКЛЫ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА. 182
3. ПОЧЕМУ И КАК БЫЛА НАПИСАНА ЭТА РАБОТА? 185
4. О ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ. 188
5. НЕСКОЛЬКО СЛОВ О МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ТРТС 188
6. ТРИЗ ВЫРОСЛА ИЗ МАРКСИЗМА… 189

ПРИЛОЖЕНИЯ 191

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 191
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 193
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 195
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 200
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 203

ВВЕДЕНИЕ.

Данная работа выполнена в соответствии с программой исследований по ***теории развития технических систем*** (**ТРТС**), ведущихся в рамках Общественной лаборатории под руководством Г.С.Альтшуллера.

Основой ТРТС является *система законов*, сформулированных в ТРИЗ. Закономерности развития техники не зависят от воли человека - они объективны, а значит и познаваемы.

Цель теории - разработка алгоритма прогнозирования развития технических систем; основной метод - историко-технические исследования по первичным (патентным) материалам. Задача исследований на современном этапе заключается в углубленном анализе всех этапов развития конкретных технических систем для выявления направленности и внутренней структуры общего механизма развития техники.

Системно-диалектический подход к особенностям и механизму развития техники позволит, в конечном итоге, получить целостную картину эволюции технических систем, что в свою очередь даст возможность перейти к созданию ***рабочего аппарата прогностического развития техники***. Причем ТРИЗ (АРИЗ, вепольный анализ, информационный фонд, система стандартов) будет играть наиболее существенную роль в процессе последовательного решения цепочки задач *по развитию (идеализации) технических систем.*

Теории развития технических систем - новой, возникающей на наших глазах, науке - требуется в настоящее время поток идей, концепций и разработок по всему комплексу относящихся к теории вопросов. Поэтому одной из целей публикации данной работы является привлечение внимания более широкого круга исследователей и разработчиков ТРИЗ к общим и частным вопросам теории развития техники.

Центральной проблемой ТРТС является задача выработки ***общей концепции развития технических систем***, которая объединяла бы в единую иерархическую систему известные законы и выявленные в последнее время тенденции развития техники. Основой такого объединения, стержнем развития, следует, по-видимому, считать ***закон увеличения степени идеальности***. Определяющая роль этого закона видна во всех инструментах современной ТРИЗ.

Целью настоящих исследований было выявление новых особенностей процесса идеализации и общей структуры механизма развития технических систем в направлении идеализации. Для исследований было выбрано несколько технических систем: тепловая труба, электрод-инструмент, ветроэлектростанции[1]; использовались также отдельные фрагменты процессов

---

[1] По ВЭС частично использованы материалы разработки М.Ю.Потылицина. В русле идей, изложенных в данной работе, в настоящее время разрабатываются следующие технические системы: антенны (Ю.И.Бондаренко), винтовка (В.Е.Афанасьев), музыкальные инструменты (О.Г.Башарова), радиоэлектроника (В.В. Якунин).

развития других систем. Наиболее полно и подробно рассматривался процесс развития **тепловой трубы** - опорной технической системы, на которой выяснялся детальный механизм эволюции.

Основным критерием выбора этой технической системы в качестве объекта исследований послужило то, что тепловая труба является одной из самых молодых (её “возраст" - 20 лет) современных быстроразвивающихся теплотехнических систем с интересными физическими свойствами и особенностями развития. Обозримость её жизненного цикла и сравнительная легкость сбора надежной первичной информации сделали возможным повысить достоверность и полноту исследований.

К настоящему времени мировой патентный фонд по тепловым трубам составляет несколько тысяч единиц. Только в СССР к началу 1984 г. насчитывалось (по классу F 28 D 15(00) 531 авторское свидетельство, из числа опубликованных, которые распределялись по годам следующим образом:
1971 г. - 1; 1972 г. - 0; 1973 г. - 2; 1974 г. - 2; 1975 г. - 8; 1976 г. - 35; 1977 г.- 36; 1978 г. - 39; 1979 г. - 60; 1980 г. - 51; 1981 г. - 110; 1982 г. - 123; 1983 г. - 64.

Столь обширный информационный фонд не было возможности, да и необходимости, включать в настоящую работу. Использовались лишь основные информационные карточки, иллюстрирующие узловые моменты развития или особенности применения. Из иностранной патентной информации наиболее важными являются патенты США, страны обладающей приоритетом в создании и развитии тепловой трубы. Информация по патентам США и Великобритании, а также общие положения по теории тепловой трубы взяты из книги: П.Д. Дан, Д.А. Рей. Тепловые трубы. Перевод с английского Ю.А.Зейгарника. М., Энергия.,1979.

Основные результаты работы докладывались авторами на региональной научно-практической конференции "**Методология и методы технического творчества"** (СО АН СССР, Институт истории, философии и филологии, ЗСО ФО СССР, Новосибирск, 30 июня - 2 июля 1984 г.).

Авторы приглашают к сотрудничеству в дальнейшей работе по уточнению или изменению предложенных гипотез развития техники, а также будут благодарны за любые критические замечания, высказанные по вопросам, затронутым в работе.

01.08.84 г.
Саламатов Ю.П.
Кондраков И.М.

ГЛАВА 1. ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ: СИНТЕЗ СИСТЕМЫ, ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.

1.1.Тепловая труба как техническая система: функции, структура, свойства.

1.1.1. Общая часть.

Впервые термин "*тепловая труба*" был предложен Гровером Г.М. и использован в описании к пат. США 3 229 759 (02.12.1963, Комиссия по атомной энергии США) и в статье "*Устройство, обладающее очень высокой теплопроводностью*" (Гровер Г.М. и др. J.Appl. Phys., 1964, 35, p. 1990 - 1991).

Эта статья была первой публикацией по тепловым трубам; в ней излагались предварительные результаты обширной программы исследований, выполненных Гровером с сотрудниками в Лос-Аламосской лаборатории в последующие годы. Рост количества публикаций в первое десятилетие: 1964 г. - 1, к 1968 г. - 80, к 1970 г. - 149, к 1972 г. - 544; в 1973 г. в Штутгарте (ФРГ) состоялась 1-я Международная конференция по тепловым трубам (с участием СССР).

Однако патент Гровера не был первым патентом по тепловым трубам. В результате поисков бюро патентов США было выявлено семь других патентов, включая патент Гоглера (1942 г.), близких по технической сущности к пат. Гровера. Несмотря на это патент Гровера был принят.

Впервые идея тепловой трубы была предложена Гоглером (ф-ма Дженерал Моторс корп.) и описана в пат. США 2 350 348 (заявл. 21.12.1942 г., опубл. 6.06.1944 г.), выданном на холодильный агрегат и его варианты.

Первой фирмой, развернувшей серийное производство тепловых труб (с середины 1964 г.), была RCA; в качестве материала корпуса использовались стекло, медь, никель, нержав. сталь, молибден; в качестве рабочей жидкости - вода, цезий, натрий, литий и висмут; максимальная рабочая температура достигала 1650°С.

Первая статья обзорного характера по тепловым трубам в СССР вышла в 1969 г. (Москвин Ю.В., Филиппов Ю.А. Тепловые трубы. "Теплофизика высоких температур", 1969., т.7, № 4, с. 766-775).

К 1965 г. была развернута программа исследований Евратома по применению тепловых труб в термоионных преобразователях ядерной энергии (подвод теплоты к эмиттерам 1600^0С - 1800^0С и отвод теплоты от коллекторов - 1000^0С) в Объединенном ядерном исследовательском центре (Испр, Италия).

В 1967 г. тепловая труба была впервые испытана на космическом спутнике на околоземной орбите (корпус – нержавеющая сталь, рабочая жидкость - вода, электрообогрев), а в 1968 г. - впервые применена для теплового регулирования спутника "Геос - Б" (две тепловые трубы, корпус -алюминиевый сплав, фитиль -

алюминиевая сетка, рабочая жидкость - фреон-11; назначение - снижение до минимума разности температур между ответчиками, расположенными в разных частях спутника).

В последующие годы сфера применения тепловых труб резко расширилась: от авиации, радиоэлектроники и гелиотехники - до бытовой техники и криохирургии. Это объясняется *универсальностью применения теплового поля в современной технике в составе теплофизических структур* (**теполей**) - от простых веполей с прямым использованием теплового поля до цепных и сложных веполей с многоступенчатыми процессами преобразования энергии.

Цель использования тепловой трубы в конкретной технической системе диктуется этой ТС (являющейся ***надсистемой*** для ТС "Тепловая труба") и обусловлена требованиями **главного производственного процесса (ГПП)**. Тепловая труба является устойчивым высокоэффективным сочетанием нескольких **физических эффектов (ФЭ)** и, как любой ФЭ, обладает рядом основных и вторичных (побочных) свойств.

Области использования основных свойств можно условно разделить на шесть классов:

1. Теплопередача (нагрев или охлаждение).
2. Пространственное разделение источника и стока теплоты при теплопередаче.
3. Термостатирование.
4. Трансформация теплового потока.
5. Регулирование температуры.
6. Тепловые диоды и выключатели.

Основные достигнутые характеристики современных тепловых труб:

- ♦ Рабочий диапазон температур — 4 - 2300°К
- ♦ Скорость теплопередачи — звуковой предел
- ♦ Мощность теплопередачи — до 20 квт(см^2
- ♦ Ресурс работы — 20 000 ч

Таким образом, тепловая труба, являясь высокоэффективной и надежной технической системой, перекрывает весь практически значимый для современной техники диапазон температур.

Скорость и мощность теплопередачи даже в самых простых тепловых трубах (рабочая жидкость - вода, температурара - 150^{0}С, фитиль - несколько слоев сетки) в сотни раз превышает теплопередачу по медному стержню того же диаметра.

<u>ТТ-1[2].</u> Гровер на одной из демонстраций принципа действия тепловой трубы,

---

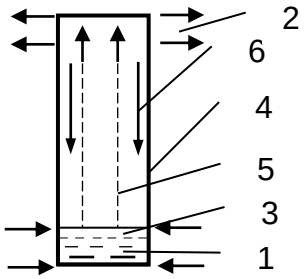
[2] В данной работе информационные карточки включены непосредственно в текст; индекс ТТ - "тепловая труба", № - номер карточки, на который возможна ссылка в тексте или рисунках.

перед журналистами, показал такой впечатляющий опыт: один конец ТТ ввел в электрическую дугу, второй конец опустил в емкость с водой; вода мгновенно закипела. А поливая конец трубы жидким азотом - заморозил воду…

1.1.2. Принцип действия тепловой трубы.

Непосредственным предшественником ТС-ТТ был термосифон, поэтому полезно рассмотреть вначале принцип действия этого устройства.

<u>ТТ-2.</u> Термосифон.



1 - зона испарения
2 - зона конденсации
3 - жидкость (вода)
4 - корпус
5 - пар
6 - возврат жидкости (конденсат)

Рис.1. Термосифон

Внутрь корпуса вводят небольшое количество жидкости, откачивают воздух и герметизируют (запаивают). При подводе тепла к зоне испарения жидкость переходит в пар, давление насыщения паров в этой зоне резко повышается, пар движется вверх в зону с меньшим давлением, конденсируется и стекает по стенкам вниз. Необходимым условием работы является отвод тепла от зоны конденсации. Недопустим также перегрев в зоне испарения - может наступить кризис кипения (вся жидкость испарится) и теплопередача пойдет по стенкам термосифона.

Следует отметить, что термосифон способен обеспечить большую мощность теплопередачи даже при малой разности температур между его концами, т.к. скрытая теплота парообразования у жидкостей велика.

Отличительной особенностью этой системы теплопередачи является способ возврата конденсата - под действием гравитационного поля. Поэтому термосифон может работать только тогда, когда зона испарения находится ниже зоны конденсации.

Для обеспечения возврата конденсата в зону испарения при любой ориентации системы теплопередачи потребовалось заменить гравитационное поле каким-то другим, но, желательно, таким же "бесплатным". Это и было осуществлено при изобретении новой системы - **<u>тепловой трубы.</u>**

<u>ТТ-3</u> Пат. США 2 350 348 (1942г.) Тепловая труба Гоглера. Цель изобретения: ***"... обеспечение поглощения теплоты, или другими словами, испарения жидкости в точке, лежащей выше области конденсации или зоны отвода теплоты, без дополнительных затрат на подъем жидкости от уровня конденсатора".***

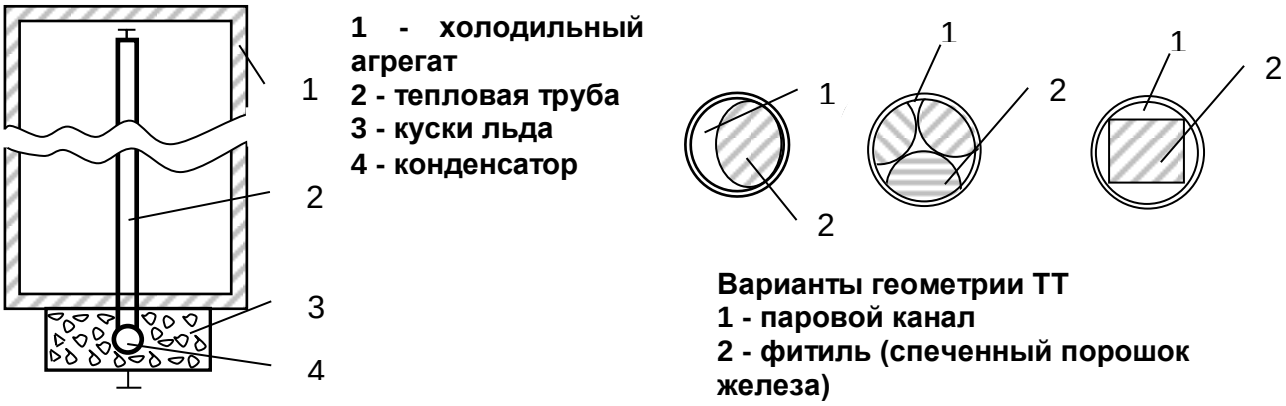


Рис.2. Тепловая труба Гоглера

ТТ использована для отвода тепла из внутреннего отделения холодильника вниз в поддон, заполненный кусками льда. Техническая идея Гоглера не вышла за рамки патента, т.к. фирма General Motors Corp применила другую, более доступную в то время технологию.

Таким образом, в качестве сил поднимающих конденсат против сил гравитации, были использованы капиллярные силы, возникающие при смачивании рабочей жидкостью капиллярно-пористого материала (КПМ) - фитиля.

<u>ТТ-4</u>. Пат. США 3 229 759 (1963 г.) Тепловая труба Гровера.

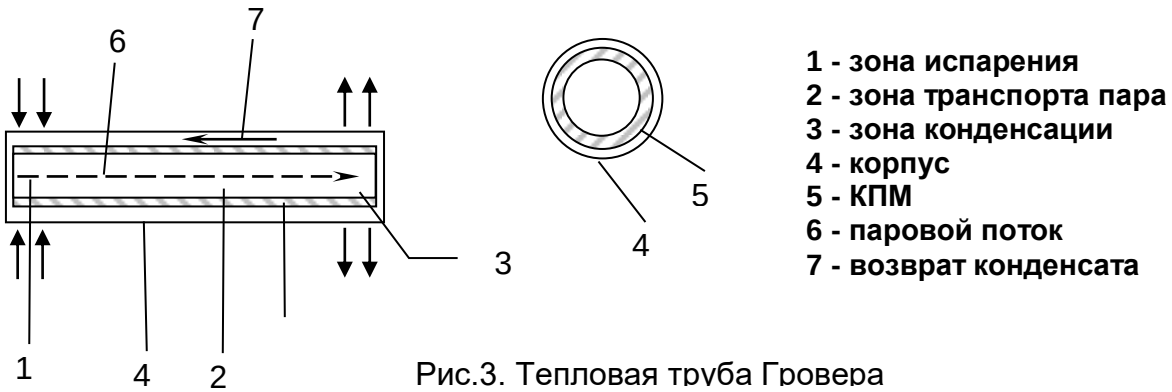


Рис.3. Тепловая труба Гровера

Корпус из нержавеющей стали, фитиль - проволочная сетка, рабочая жидкость - натрий, литий, серебро.

Это классический тип тепловой трубы с использованием капиллярного эффекта, который обеспечивает независимость положения зоны испарения в гравитационном поле. Однако эта независимость далеко не беспредельна. Поэтому кроме гравитационных (термосифон) и капиллярных (классическая ТТ) сил в современных типах ТТ применяют центробежные, электростатические, магнитные, осмотические и другие виды полей для возврата конденсата.

1.1.3. Конструкция тепловой трубы.

Наиболее распространенный тип тепловой трубы - ТТ Гровера - состоит всего из трех элементов: корпус, рабочая жидкость, КПМ.

Корпус - обеспечивает изоляцию рабочей жидкости от внешней среды, должен быть герметичным, выдерживать перепад давлений между внутренней и внешней средами, обеспечивать подвод теплоты к рабочей жидкости и отвод теплоты от нее.

Материал - обычно используют нержавеющую сталь, алюминиевые сплавы, медь, стекло, бронзу; пластмассы (гибкие ТТ), керамику (высокотемпературные ТТ).

Сечение - круглое или прямоугольное.

Диаметр: минимальный диаметр ТТ должен быть таким, чтобы внутренний диаметр зоны транспорта пара исключал действие капиллярных сил, т.е. чтобы паровой канал не превратился в капиллярный; максимальный - принципиальных ограничений не имеет.

Рабочая жидкость:

- обеспечивает **главную полезную функцию** системы,
- должна иметь точку фазового перехода жидкость-пар в требуемом диапазоне рабочих температур,
- не должна разлагаться при этих температурах,
- должна обладать достаточно большой скрытой теплотой парообразования,
- должна хорошо смачивать материал фитиля и корпуса,
- должна иметь низкое значение вязкости жидкой и паровой фаз,
- должна иметь высокую теплопроводность и высокое поверхностное натяжение.

В зависимости от интервала температур могут быть использованы самые различные вещества приведенные к жидкой фазе - от сжиженных газов до металлов: гелий (-271 ÷ -269^{0}C), аммиак (-60 ÷ +100^{0}C), фреон-11 (-40 ÷ +120^{0}C), ацетон (0 ÷ +120^{0}C), вода (30 ÷ 200^{0}C), ртуть (250 ÷ 650^{0}C), натрий (600 ÷ 1200^{0}C), серебро (1800 ÷ 2300^{0}C) и -т.д.

Большое поверхностное натяжение жидкости необходимо для создания достаточно большого капиллярного напора для хорошей работы против сил гравитации. Для хорошего смачивания корпуса и фитиля жидкость должна иметь краевой угол смачивания близким к нулю. Чем выше скрытая теплота парообразования, тем меньше потребуется жидкости. Жидкость с высокой теплопроводностью сведет к минимуму перепад температур между стенкой и поверхностью испарения (тем меньше вероятность возникновения пузырькового кипения на границе фитиля со стенкой корпуса). Чем меньше вязкость жидкости, тем меньше гидравлическое сопротивление ее течению.

Капиллярно-пористый материал (фитиль) - обеспечивает создание капиллярного напора для перемещения жидкости из конденсатора в испаритель и равномерного распределения ее по всей зоне испарения.

К материалу предъявляются противоречивые требования:

♦ он должен быть мелкопористым для создания максимального напора и он должен быть крупнопористым для увеличения проницаемости (по жидкости); в связи с этим в условиях работы против сил гравитации практически не используется ТТ длиной более 1 м;
♦ слой КПМ вдоль стенок должен быть толстым для увеличения расхода жидкости (увеличение теплопередачи) и должен быть тонким дли уменьшения термического сопротивления фитиля в радиальном направлении (с целью увеличения плотности теплового потока в испарителе).

Наиболее часто используют металлические сетки, металлические ткани саржевого плетения, спеченные металлические порошки, металлический войлок. Металлы: медь, никель, титан, фосфористая бронза, нержавеющая сталь.

1.1.4. Функция, основные свойства и области работы ТТ.

Классическая ТТ имеет одну - **главную полезную функцию (ГПФ)** - теплопередача в осевом направлении между двумя разделенными в пространстве точками.

Для нормальной работы ТТ необходимо, чтобы режимы работы всех ее элементов не достигали критических величии.

Подвод тепла может осуществляться любым известным способом (открытым пламенем, теплообменом с нагретым телом, электрическим током, ИК-лучами, электронной бомбардировкой и др.). При этом из-за термического сопротивления стенки будет обычный перепад температур между источником тепла и рабочей жидкостью. Температурный предел зависит только от термо-(хладо)-стойкости материала корпуса.

Зона испарения. Плотность теплового потока не должна превышать некоторого значения, при котором может наступить кризис теплоотдачи (осушение фитиля, когда КПМ не успевает подавать новые порции жидкости в зону испарения).

Зона конденсации. Существует два типа конденсации - капельная или, чаще, пленочная. Обычно пар конденсируется на поверхности пленки жидкости. Между этой поверхностью и наружной поверхностью стенки существует небольшой перепад температур (т.е. температура стенки ненамного, но отличается от температуры пара). Поверхность ТТ в зоне конденсации обладает интересным свойством - *изотермичностью*, т.к. эта поверхность работает практически при постоянной температуре (близкой к температуре фазового перехода пар-жидкость). Если на каком-то участке возникает местный тепловой сток, то количество конденсирующегося в этом месте пара увеличивается и температура поддерживается на прежнем уровне.

Зона транспорта пара. В зоне испарения создается избыточное давление насыщения пара, которое расходуется на разгон пара до осевой скорости, на преодоление силы трения парового потока на поверхности фитиля и на преодоление сил вязкости пара. Вследствие этого, давление по длине ТТ, от зоны испарения падает. В среднем участке трубы давление стабилизируется

(адиабатный участок). В зоне конденсации давление восстанавливается почти до величины давления в зоне испарения. Практически, потери давления в простых ТТ связаны только с преодолением вязкостных сил.

Некоторые явления, ограничивающие область работы ТТ.

♦ Срыв жидкости. Направление движения пара и жидкости в ТТ противоположны. Поэтому на поверхности раздела фитиль - паровой поток на жидкость действуют касательные напряжения - возможен срыв капель. Унос капель жидкости наступит тогда, когда скоростной напор пара превысит силы поверхностного натяжения жидкости. Установлено, что чем тоньше сетка (чем меньше шаг проволочек), тем менее вероятен унос капель;

♦ Ограничение мощности ТТ по вязкости. При низких температурах преобладающими являются силы вязкости в паровом потоке: чем они выше, тем меньше скорость пара и мощность теплопередачи. Установлено, что для увеличения скорости пара достаточно снизить давление (в идеале до нуля) в зоне конденсации, т.е. снизить температуру этого конца ТТ.

♦ Звуковой предел. Снижение давления (температуры) в зоне конденсации и повышение температуры в зоне испарения как бы повышает "разность потенциалов" между концами ТТ, тем самым повышая скорость движения пара. Однако существует физический предел - *скорость звука* - при достижении которого уже никакое увеличение "разности потенциалов" не приводит к увеличению скорости пара. Достигается состояние, которое носит название "запирание" канала ТТ. При этом, если продолжать и далее уменьшать температуру в зоне конденсации, то ТТ потеряет свойство изотермичности - по ее длине будет наблюдаться значительный градиент температур.

♦ Капиллярное ограничение (ограничение по смачиванию фитиля). При возрастании теплового потока в зоне испарения должен возрастать приток жидкости по фитилю. Предельная величина притока жидкости зависит от типа конструкции фитиля.

♦ Кризис теплоотдачи. Для неметаллических жидкостей характерно возникновение пузырькового кипения в фитиле зоны испарения. Это затрудняет отвод образующегося на греющей поверхности пара через толщу фитиля, а, следовательно, ограничивает мощность теплопередачи (например, предел мощности для воды - 130 кВт(м^2, для калия - 315 кВт(м^2.

1.2. Период синтеза тепловой трубы.

1.2.1. Общая часть.

Итак, тепловая труба как техническая система полностью сформировалась к 1963 г., в следующем году началось её массовое применение (точка α на **S** - образной кривой - см. с.113 [1]), дальнейшее развитие подсистем и развитие системы в целом в других надсистемах.

Основным методом исследования в теории развития технических систем (ТРТС) является *метод детального изучения всех этапов и особенностей исторического развития конкретной технической системы с целью выявления ранее неизвестных закономерностей развития техники*.

Предварительный анализ информационного фонда показал, что ТС проходят, по крайней мере, три основных этапа:

- ♦ период синтеза ТС,
- ♦ период массового применения,
- ♦ период развития всех веществ и подсистем ТС.

Причем только первый период идет совершенно самостоятельно, не смешиваясь с процессами развития других ТС, остальные же два периода совмещены во времени и оказывают друг на друга взаимное влияние.

Пристального внимания заслуживают все указанные периоды. В данной работе предпринята попытка более или менее подробного описания этих этапов развития с позиций ТРИЗ.

1.2.2. Реконструкция процесса синтеза ТТ.

С чего начался процесс синтеза? Как он проходил? Каковы его особенности? Что было движущей силой этого процесса? Что толкало изобретателей вести поиск именно в этом направлении? Что помогало преодолевать возникающие противоречия? Почему была создана именно такая, а не иная техническая система?

Попытка ответить на эти вопросы привела нас к убеждению, что здесь, наиболее рациональным было бы применение метода исследования, который можно условно назвать "***метод реконструктивной скважины***". Он основан на следующих положениях:

1. Развитие техники, как и любых других материальных объектов, является объективным процессом, имеющим определенную цель и, следовательно, ход этого процесса должен был привести к созданию одной единственной технической системы (или к очень малой группе близких по технической сущности ТС).
2. Цель этого процесса нам известна (тепловая труба), следовательно, можно обратным ходом по некоему стержню развития дойти до изначальной точки (как бы дойти до "дна скважины").
3. Для уточнения реконструированного процесса синтеза, отбрасывания лишнего, случайного, следует еще раз, но уже прямым ходом, пройти путь от начала до конечной цели (ориентир - ТТ).

Такое исследование было проведено, в нем использовалась та часть картотеки, которая относилась к "доисторическому" периоду, т.е. до момента появления ТТ Гоглера. Это исследование не претендует на полноту (т.к. оно не входило в первоначальную цель исследований по данной ТС и картотека не собиралась специально по этому разделу), однако оно позволило выявить общие, характерные черты процесса синтеза ТТ.

С чисто технической точки зрения установление точек (технических решений) на **линии развития**, предшествующей моменту создания ТТ, не представляет затруднений. Достаточно расположить эти точки по убывающей линии, т.е. по *линии последовательного исключения элементов* (подсистем, подподсистем и веществ) составляющих классическую ТТ. Появление элементов в процессе

синтеза логически строго обосновано. Каждый из этих микрошагов представляет собой маленький качественный скачок развития - он хорошо заметен. В самых общих чертах обратный ход (против стрелок) можно представить такими крупными шагами:

ТТ ← термосифон ← открытая труба ← одно рабочее вещество ← несколько случайных веществ.

Но уже на следующие вопросы: а что было до "нескольких случайных веществ"?, что быпо движущей силой процесса синтеза, заставило пройти ТС по этим точкам? - ответить сложнее. Здесь возможен только один подход - с позиций материалистической диалектики.

Процесс развития техники, как разновидность движущейся материи, подчиняется некоторым всеобщим законам и должен иметь какие-то специфические особенности. Этот процесс возник одновременно с общественной формой движения материи, носителем которой является человек. Техника - промежуточное звено между обществом и природой. Общество и природа являются внешней средой для техники в целом (техносферы). Для конкретной же ТС в понятие "внешняя среда" входит также и над-система, составной частью которой она (ТС) является.

Универсальной причиной изменения и развития всех материальных объектов является борьба и единство противоположностей. Причем изменение и развитие происходит не вследствие внешнего толчка как одностороннего действия, (например, "**претензии**" внешней среды к технической системе), а в силу **взаимодействия и противоречия** (между внешней средой и ТС). Поскольку техника является многоранговой иерархической системой и понятие "техническая система" относительно, то все это относится и к рангам подсистем и веществ.

Удобно разложить момент "**взаимодействие и противоречие"** на ряд элементарных актов:

1. **Новая ТС** (т.е. измененная в соответствии с претензиями ВС предыдущая ТС) **входит в контакт с ВС, т.е. начинает работать**. Эта часть взаимодействия почти непротиворечива (ТС испытывает слабые толчки, претензии от ВС, которые не полностью удовлетворены предыдущим изменением ТС, плюс небольшие "напряжения", противоречия в самой ТС). Если такое, **почти равновесное**, взаимодействие сохраняется длительное время, то ТС испытывает только процесс "старения", её организация медленно разрушается и в конце концов приходит в состояние полного равновесия с ВС (прекращает функционировать).
2. **Если ТС вывести из состояния равновесия**, т.е. попытаться увеличить ее полезную функцию (не меняя ее организацию и структуру), то вначале медленно, а затем все быстрее начнет расти антагонистическая сторона взаимодействия, будут усиливаться старые и возникнут новые **противоречия**. Какой-то период ТС выдерживает натиск разрывающих ее противоречий (пока есть ресурс компенсирующий претензии).
3. При дальнейшем увеличении полезной функции наступит критический

момент - **ТС не выдерживает претензий ВС и внутренних противоречий**. Происходит падение уровня полезной функции, в ТС ломается организация и структура.
4. В зависимости от силы противоречия и дальности рывка полезной функции вперед **происходят те или иные разрушения внутри ТС**.
Степень последующего изменения ТС, т.е. величина качественного скачка в ее развитии, прямо зависит от степени произошедших разрушений. (***Поясняющий пример***. Допустим, при попытке повысить скорость движения автомобиля выше предельной на 5 км(час от возникшей вибрации разрушилось боковое стекло - эта подсистема и будет изменена; если же скорость попытались увеличить сразу на 50 км(час, то произойдут гораздо более серьезные разрушения, при которых необходимо будет изменять уже основные системы автомобиля). Другими словами, при небольшом увеличении полезной функции претензия "ударит" по системам самого низшего ранга (вещества и их подуровни), а при больших - по ТС в целом.
5. Только по результатам разрушений в ТС становится ясно, где находится слабое звено системы, **что именно не выдерживает дальнейшего увеличения полезной функции**. Это место в системе (“горячая" точка) и есть оперативная зона в которой требуется произвести изменения. Чем сильнее противоречие в этой точке, тем труднее задача на изменение, тем более сильное "**аризное**" решение требуется. ***Разрешение противоречия приводит к изменению ТС, антагонизм во взаимодействии с ВС снимается, наступает состояние близкое к равновесному***. Чем более сильным было разрешенное противоречие, тем больший ресурс имеет измененная ТС, тем длительнее состояние близкое к равновесию.
6. Но **потребность в увеличении полезной функции ТС никогда не исчезает**...
Цикл развития повторяется.

Через несколько таких циклов система может настолько сильно изменится, что, на первый взгляд, не будет иметь ничего общего с первоначальной. В ней могут полностью измениться или исчезнуть вещества и подсистемы, появиться новые... Где же критерий, по которому конкретную ТС можно отнести к той или иной линии развития?

Единственным неизменным признаком ТС, по которому ее можно безошибочно классифицировать, является - **главная полезная функция (ГПФ**) технической системы. У каждого ранга систем (вплоть до вещества и его подуровней) есть свои (одна или несколько) полезных функций (ПФ), направленных, в конечном итоге, на выполнение одной - **главной!** - полезной функции системы в целом. Если ПФ в технике бесчисленное множество, то ГПФ систем не так уж и много - они являются *отражением общественных потребностей*. Иными словами, любая ТС является материальным воплощением какой-либо общественной потребности. Причем наиболее полно (почти один к одному) общественная потребность отражается в ГПФ надсистемы, более или менее точно в ТС и все менее точно, преломляясь, в системах низшего ранга. На уровне вещества и ниже уже трудно определить принадлежность ПФ к какой-либо ГПФ.

Таким образом, постоянный рост потребностей вызывает необходимость в постоянном увеличении ГПФ.

Еще одним необходимым условием развития ТС является *постоянный рост научных знаний*. Именно из области знаний привлекаются средства для разрешения противоречий. Чаще всего наука обеспечивает опережающий рост знаний, тогда основная проблема при решении задач - быстро сориентироваться и применить нужный эффект или явление. Реже новое знание возникает в процессе поиска путей разрешения противоречий в ТС. Собственно поиск новых знаний (решение открывательских задач) в общих чертах похож на процесс развития технических систем: чем более сильные противоречия в материальных системах (природных, биологических, социальных) удастся создать исследователям, тем более сильный "ответ" они получат.

1.2.3. Пояснение к схеме синтеза ТТ.

Суммируя вышесказанное можно коротко записать последовательность воздействия элементарных актов на процесс развития ТС (для одного цикла развития):

♦ увеличение ГПФ системы,
♦ удар претензии в ТС, разрушение одного из уровней,
♦ разрешение противоречия с привлечением средств из области знаний, изменение ТС,
♦ увеличение ГПФ системы,
и т.д.

На рис. 4 представлено схематичное изображение процесса синтеза тепловой трубы.

По горизонтали схема делится на 6 полос:
- претензии внешней среды,
- тип системы,
- схематичное изображение системы,
- характеристика изменений,
- ГПФ (потребность),
- развитие знаний.

Вертикальными линиями отмечены скачки в развитии ТС, они отделяют одно качественное изменение в системе от другого.

Перед первой вертикальной линией изображена изначальная точка развития, досистемный период.

Рассмотрим этот участок схемы подробнее.

Итак, "вначале было слово", т.е. возникла потребность - идея ГПФ.

ГПФ - теплопередача между двумя точками какой-либо ТС. Точки разделены в пространстве и не обязательно обе точки фиксированы. Например, имеется нагретое тело (источник тепла), от которого надо отвести теплоту в окружающее пространство или в другую часть системы (кузнечное дело,

процесс приготовления пищи, теплоснабжение и т.д.)

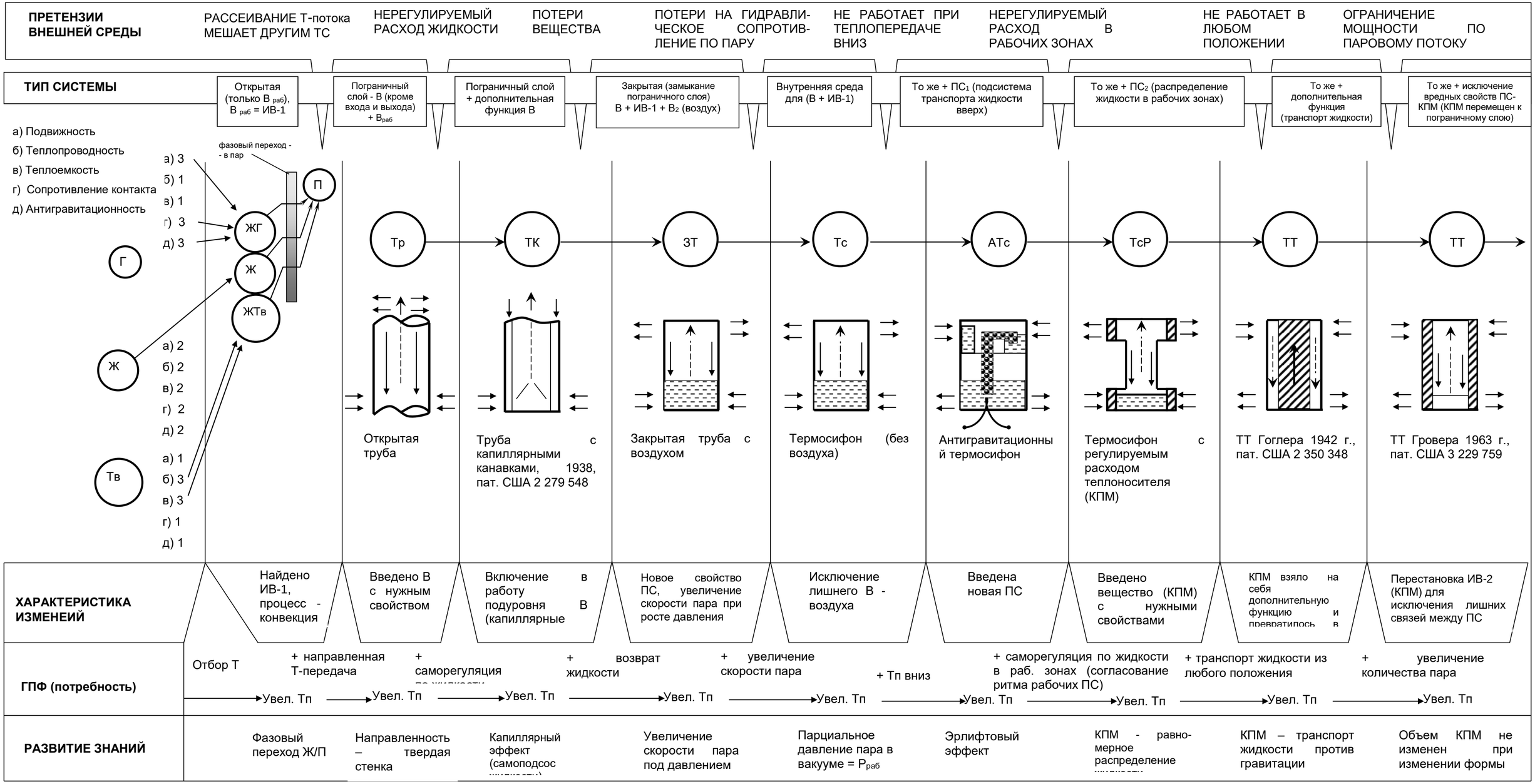


Рис.4. Процесс синтеза тепловой трубы

ОБОЗНАЧЕНИЯ (к рис. 4)

Г - газ
Ж - жидкость
Тв - твердое вещество
ЖГ - жидкость из газа (сжиженный газ)
ЖТв - жидкость из твердого вещества (жидкий металл)
П - пар
Ж/П - фазовый переход "жидкость - пар"

В - вещество
$В_{раб}$ - рабочее вещество
Т - тепло
Тп - теплопередача (тепловой поток)
ИВ - идеальное вещество
ТС - техническая система
ПС - подсистема
ГПФ - главная полезная функция

Тр - труба
ТК - труба с капиллярами
ЗТ - закрытая труба
Тс - термосифон
АТс - антигравитационный термосифон
ТсР - термосифон с регуляцией
ТТ - тепловая труба
КПМ - капиллярно-пористое вещество
$Р_{раб}$ - рабочее давление

Первое, что было использовано для выполнения ГПФ - ***случайные вещества естественного или искусственного происхождения:*** газ (окружающий воздух), жидкость (вода), твердые тела (металлы и пр.). Если бы ГПФ не изменилась, т.е. не потребовалось бы увеличение теплопередачи, то все осталось бы без изменений.

Появление новых технологических процессов потребовало увеличения теплопередачи. При попытке увеличения ГПФ у случайных веществ стали все явственнее проявляться побочные, вредные свойства. Произошла ***дифференциация свойств на полезные и вредные*** (лишние).

Известно, что в газе теплопередача идет преимущественно за счет конвекции (архимедова сила выталкивает вверх нагретый слой газа, на его место тут же поступает свежая порция), в жидкости за счет конвекции и теплопередачи (непосредственная передача энергии от частиц - молекул, атомов, - обладающих большой энергией, частицам с меньшой энергией), а в твердых телах (например, металлах) - только за счет теплопередачи.

Для увеличения скорости и мощности теплопередачи потребовалось максимально ***усилить полезные и исключить вредные свойства***. Идеальный теплоноситель должен обладать высокой подвижностью, теплопроводностью и теплоемкостью, сопротивление теплопередаче при контакте с источником тепла должно быть очень низким (молекулы теплоносителя должны быть на минимальном расстоянии от источника тепла) и, наконец, теплоноситель должен обладать не просто высокой подвижностью, а подвижностью против сил гравитации. Можно, хотя бы приблизительно (качественно), оценить эти свойства по условной трехбалльной шкале (3 - хорошо, 2 - удовлетворительно, 1 - плохо):

Свойства	Газ	Жидкость	Твердое тело
а) подвижность	3	2	1
б) теплопроводность	1	2	3
в) теплоемкость	1	2	3
г) сопротивление контакта	3	2	1
д) антигравитационность	3	2	1
Сумма баллов:	11	10	9

Здесь заметно явное смещение полезных свойств в сторону жидкости и газа. Причем, чтобы совместить нужные свойства жидкости (Ж) и газа (Г) стали использовать первый **физэффект** - фазовый переход жидкость-газ. В качестве жидкости, в зависимости от требуемых рабочих температур, возможно применение также сжиженных газов (ЖГ) и жидких металлов (ЖТв). Так было найдено первое ***идеальное вещество (ИВ-1)*** будущей технической системы.

Для теплопередачи использовался только односторонний фазовый переход (Ж—Г), главное было - отбор тепла от нагретого тела и рассеивание тепла в окружающем пространстве за счет конвекции. Это мешало работе других ТС и человеку. Для создания направленного конвекционного потока потребовалось ввести пограничный слой (стенки трубы), тогда тепловой поток рассеивался за пределами работающей ТС.

При дальнейшем увеличении теплопередачи возникла необходимость точного регулирования расхода жидкости к поверхности испарения. Количество подаваемой жидкости должно быть всегда равно количеству испаряемой, независимо от колебаний притока тепла. Теплопередачу снижает и избыток и недостаток жидкости.

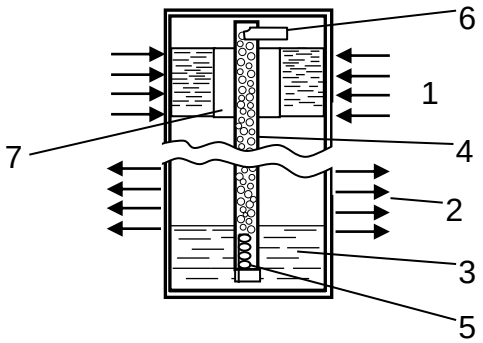
ТТ-5. Пат. США 2 279 548 (1938). Труба для испарения жидкости, содержащая капиллярные канавки для раздачи жидкости и ее испарения в парогенераторах.

Далее пар, как аккумулятор тепла, использовался в различных технологических процессах. Но не рационально было безвозвратно терять пар, полученный из специально подготовленной жидкости (например, вода обессоливалась для предотвращения образования накипи).

В закрытой трубе пар превратился только в переносчик тепла от нагретого конца к холодному. При исключении из внутренней среды закрытой трубы воздуха, мешающего паровому потоку, был синтезирован термосифон (см. **ТТ-2**) - прообраз тепловой трубы.

Следующей технической системой, продолжающей линию развития, должен быть антигравитационный термосифон (*по логике развития, а не по времени создания*).

ТТ-6. Д.Чисхольм, США, 1974 г. Антигравитационный термосифон (диаметр термосифона - 2 см, трубы - 1 см, вода 100^{0}С, плотность осевого потока тепла - 1,2 кВт(см^2 , высота - 10 калибров).



1 - зона испарения
2 - зона конденсации
3 - жидкость
4 - эрлифтовая труба
5 - электронагреватель
6 - выходное отверстие
7 - кольцевой канал

Рис.5. Антигравитационный термосифон

Трехступенчатый термосифон (паровой насос) теоретически может обеспечить теплопередачу 14 кВт по вертикали на расстояние 10 м при работе на воде с рабочей температурой 100^{0}С.

Попыткой усовершенствования термосифона была облицовка зон испарения и конденсации капиллярно-пористым материалом для обеспечения равномерного, с заданным расходом, распределения жидкости в рабочих зонах.

Гоглер (см. **ТТ-3**), создавая новую техническую систему - тепловую трубу, основное внимание уделил главной проблеме - возврату жидкости из зоны конденсации против сил гравитации "без дополнительных затрат на подъем

жидкости". Видимо, поэтому фитиль занимает основную часть внутреннего объема ТТ.

В ТТ Гровера этот недостаток исправлен за счет перераспределения объема фитиля (КПМ размещен вдоль стенок), теперь он не мешает паровому потоку передавать энергию достаточной мощности.

1.3. Вещественно-полевая и функциональная совместимость.

На протяжении всего периода синтеза ТТ обращает на себя внимание одна особенность, характерная, впрочем, и для последующих периодов развития. При любой очередной попытке изменения системы, т.е. введения новых В, подсистем (ПС) и полевых связей между ними, всегда должно выполняться условие их совместимости. Коротко основные требования к совместимости материалов и подсистем ТТ приведены на рис. 6 (подробно см. [4] с. 94-104).

Увеличение ГПФ возможно двумя способами:

- выявлением новых нужных свойств и усилением полезных функций В и ПС;
- исключением вредных свойств и связей в В и ПС.

Использование второго способа - это и есть стремление к достижению ВПФ - совместимости.

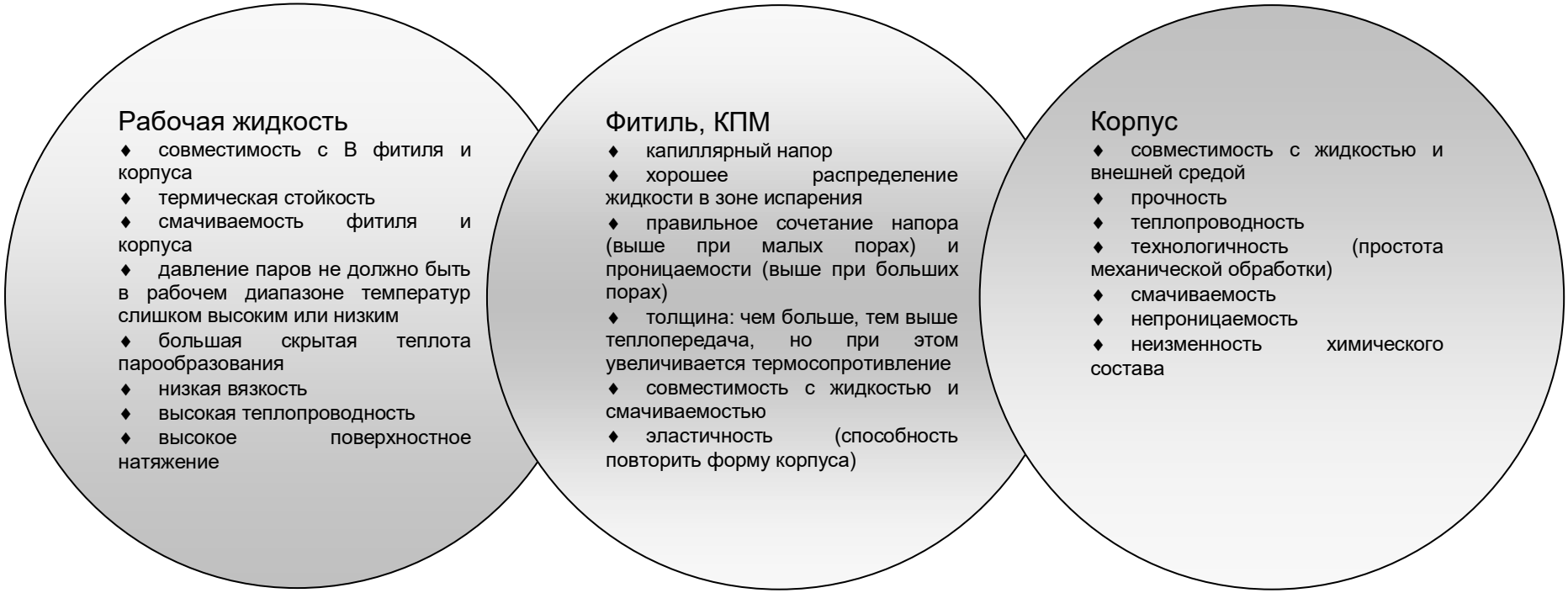
Введение новых элементов в ТС сопровождается введением новых ПФ, которые могут вступить в конфликт с ПФ имеющихся элементов. Конфликт разыгрывается на уровне свойств вещества: чем он сильнее, тем меньше выигрыш в ГПФ (чаще: уменьшение ГПФ). **Противоречие**: для выполнения требуемой ПФ подсистемы необходимо введение новых веществ с нужными свойствами, а для выполнения ГПФ системы эти вещества не нужно вводить.

Разрешение противоречия - переход к одному веществу (идеальному веществу - ИВ), т.е. к работе его подуровней (много веществ в одном веществе). ПФ достигает максимума у идеального вещества (идеального - для данного цикла развития).

Таким образом, несовместимость свойств веществ является одним из двигателей развития вещества в ТС. Полная ВПФ-совместимость достигается на какой-то момент времени в ИВ, но ГПФ системы растет, появляется потребность в новых ПФ, В, ПС и равновесие вновь нарушается.

Круг вопросов связанных с ВПФ-совместимостью требует дополнительной, более детальной, разработки. Видимо, *закон согласования ритмики систем* является частным случаем более общей закономерности. Но уже сейчас при решении изобретательских задач нельзя не учитывать требования совместимости. При введении в систему новых В, физических и химических эффектов часто не обращается внимание на возможность возникновения вредных связей и свойств в какой-либо части (или уровне) системы; причем нежелательные явления, снижающие ГПФ системы, могут возникать на значительном удалении от оперативной зоны (в которой достигнуто идеальное решение).

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЕЩЕСТВУ ПОДСИСТЕМ ТТ



Эффекты несовместимости:

- ♦ химические реакции,
- ♦ коррозия, растворение корпуса, фитиля,
- ♦ выделение неконденсирующихся газов

Пример хорошей совместимости: медь + вода (ресурс 20 000 час)

Рис. 6. ВПФ-совместимость (вещественно-полевая и функциональная совместимость)

1.4. Период массового применения.

Каков итог периода синтеза тепловой трубы? Что достигнуто за несколько циклов развития системы в направлении увеличения ГПФ?

Создана новая <u>моно -ТС</u>. Характерные признаки такой системы:
1) наличие идеального вещества (одного или нескольких) и пограничного слоя;
2) высокое значение ГПФ (достигнут значительный качественный скачок);
3) исчерпаны физические возможности принципа, на котором основана работа системы (число Маха: М = 1);
4) система представляет собой простой веполь (два вещества и поле)[3], причем поле, являющееся основной продукцией работающей ТС, само себя переносит (обслуживает).

Только с момента синтеза моно -ТС начинается **период массового применения** технической системы. Резкое увеличение ГПФ, вытеснение лишних веществ, подсистем и связей делает систему *узко специализированной*. В то же время высокоэффективная специализированная ТС становится *универсальной подсистемой других систем*, **она обладает максимальной применимостью**. Волна применимости этой моно-ТС, возникнув в теплотехнике, быстро продвигается во все более отдаленные области техники - этот процесс еще далеко не закончен.

Анализ информационного фонда показал, что в период массового применения с тепловой трубой происходят одновременно ***два противоположно направленных процесса.***

1. **Процесс постепенного "растворения" ТТ в других технических системах**. **При этом ТТ поглощается системой, выполняющей ГПП - главный производственный процесс для данной системы.**
2. **Процесс "кристаллизации", увеличения количества одновременно действующих ТТ, создание собственной надсистемы с новой организацией и структурой.**

Первый процесс показан на рис. 7. В этом процессе характерны **три способа применения** (эксплуатации) моно -ТС - тепловой трубы:
- прямое использование ТТ без изменений.
- использование с внутренними изменениями,
- использование путем совмещения (поглощения) ТТ.

---

[3] Такой веполь выглядит простым только в традиционной вепольной записи (на макроуровне). Если же рассмотреть более тонкую (глубинную) структуру и организацию этой ТС (в т.ч. фазовый переход, межмолекулярные силы и т.п.), то полная вепольная формула будет представлять собой замкнутую цепочку взаимосвязанных веполей (в данной работе этот вопрос не рассматривался)

ПРЯМОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЗ ИЗМЕНЕНИЙ			ИСПОЛЬЗОВАНИЕ С ВНУТРЕННИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ В ТС				ВВЕДЕНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ПС	СОВМЕЩЕНИЕ НА УРОВНЕ		
ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ	ВТОРИЧНЫХ СВОЙСТВ	«ОБРАЗА»	ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ	ИЗМЕНЕНИЕ В	ИЗМЕНЕНИЕ ПС	ИСКЛЮЧЕНИЕ ПС		В	ПС	ТС
1. .с. 306 320, пат. Вбр. 1183145 (охлаждение полупроводниковых приборов, электронных ламп) 2. Пат. США 3788389 (опора, сохранение вечной мерзлоты) 3. Пат. Вбр. 1255114 (рекуперация тепла воздуха) 4. А.с. 1 028 984 (шахтная печь) 5. Пат. США 3302042 (термоионный преобразователь) 6. Пат. США 3662542 (утилизация тепла выхлопных газов) 7. А.с. 1025843 (избыточное тепло электро- и газовых плит) 8. Пат. Фр. 2361965 (клапаны ДВС) 9. В авиации (антиобледенительные системы) 10. В космической технике (спутники, скафандры, "Шатл") 11. В двигателе Стирлинга 12. В хирургии (криоинструменты) 13. В гелиоустановках 14. Сковороды, шампуры 15. А.С. 311 110 (охлаждение вакуум-насоса)	1. Пат. Вбр. 1288222 (предохранитель – кризис кипения) 2. А.С. 936733 (полнота сгорания топлива – неконденсирующиеся газы) 3. А.С. 1076637 (лопатки ц/б насоса – гибкие) 4. А.С. 616073 (паяльник, стабилизация T^0 – неконденсирующиеся газы)	1. В биологии (работа потовых желез)	1. Пат. США 3715610 (вращающаяся ТТ) 2. А.с. 1070137 (радиальные ТТ, микроорганизмы) 3. Пат. Вбр. 1327794 (электронные компоненты – полимерная пленка) 4. А.с. 1030631 (ТТ-логарифмическая спираль)	1. Пат. США 3651865 (охлаждение электронных приборов – инертный газ) 2. Пат. Вбр. 1327794 3. Пат США 3563309 (диэлектрическая ТТ) 4. Криогенные ТТ (неон, аргон, гелий) 5. Гибкие ТТ	1. А.с.363844 (транспортная зона без КПМ – гладкостенная)	1. Пат. США 3715610 2. А.с. 1020130 (гранулы - пожаротушение) 3. Пат. Вбр. 1361505 (охлаждение ПП - внутрь ТТ, нет стенки) 4. <u>А.с. 363844</u> 5. Пат. США 3613778 (плоские ТТ - без парового канала) 6. Пат. Вбр. 1283332 (вращающаяся ТТ) 7. А.с. 306321 (вращающаяся ТТ) 8. Пат США 3753364 (вращающаяся ТТ) 9. А.с. 325468 (вращающаяся ТТ) 10. А.с. 338762 (вращающаяся ТТ)	1. А.с. 1064080 (концы ТТ-КПМ, утилизация тепла влажного воздуха) 2. А.с. 383973 (выключатель – парафиновый тор)	1. А.с. 941 843 (рабочая жидкость + ВМП) 2. Пат. Вбр.1281272 (раб. жидк. + ПАВ) 3. Пат. Вбр. 1361505 4. Пат. Вбр. 1194530 (раб. жидкость + присадки для стабилизации окисления лития) 5. А.с. 1064115 (в порах КПМ – лиофильное вещество) 6. А.с. 419695 (КПМ + высокотеплоемкое вещество) 7. А.с. 520492 (часть сеток – геттеры) 8. А.с. 616519 (внутри КПМ – феррочастицы)	1. Пат. Вбр. 1327794 (корпус + контактное устройство)	1. Пат. Вбр. 1288222 (предохранитель + ТТ) 2. Пат. США 3788389 (опора + ТТ) 3. А.с. 1070137 (аппарат для вымораживания + ТТ) 4. А.с. 616073 (паяльный стержень + ТТ) 5. А.с. 410422 (автопокрышка + ТТ) 6. А.с. 1020548 (арматурный элемент + ТТ) 7. А.с. 436964, 436965 (термостат – радиальная ТТ) 8. Пат. Вбр. 1304771 (муфельная печь + ТТ)

Рис. 7. Использование новой технической системы в различных надсистемах

Второй процесс идет по схеме (разработка Г.С.Альтшуллера, 1983): **моно-ТС → би-ТС → поли-ТС → сложные ТС.**

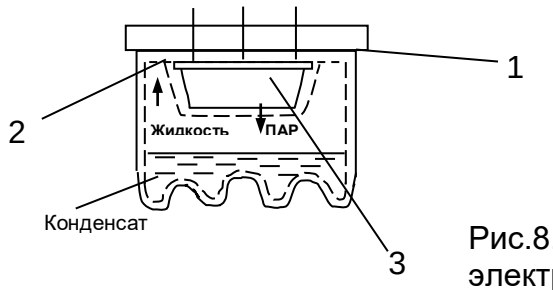
Предложенные здесь схемы двух процессов периода массового применения ТТ не требуют особо подробных пояснений - особенности этих процессов хорошо видны при знакомстве с конкретными техническими решениями. Поэтому далее приведены информационные карточки с необходимым минимумом пояснений.

1.4.1. Прямое использование основных свойств ТТ.

ТТ-7. Охлаждение элементов электронного оборудования. Для охлаждения полупроводниковых приборов и интегральных модулей широко применяются ТТ - трубчатые, плоские, с непосредственным контактом. Цель применения трубчатых ТТ: теплопередача между двумя точками, обеспечение компактного стока теплоты; плоских ТТ: выравнивание температуры многокомпонентных сборок, охлаждение многокомпонентных сборок; ТТ с непосредственным контактом для исключения необходимости крепления элементов на ТТ и снижения контактного сопротивления (два способа: эластичные стенки ТТ облегают элемент или элемент вводится внутрь ТТ).

ТТ-8. Пат. Великобритании 1 183 145 (1968 г.) - первый патент на охлаждение электронных компонентов (электронных ламп).

ТТ-9. А.с. СССР 306 320 (БИ, 19-1971). Устройство для охлаждения электронных приборов (диодов и др.), содержащее герметичную камеру с КПМ у стенок, пропитанные диэлектрическим теплоносителем, циркулирующим в камере с изменением агрегатного состояния, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения термодинамической эффективности, охлаждаемый прибор размещен в зоне испарения теплоносителя внутри КПМ, а камера в зоне конденсации имеет развитую поверхность.



1 - герметичная камера
2 - КПМ у стенок, пропитанное диэлектрическим теплоносителем,
3 - прибор внутри КПМ

Рис.8. Устройство для охлаждения электронных приборов

При разогреве прибора теплоноситель испаряется, прибор охлаждается. Теплоноситель под действием разности давлений переходит в зону конденсации, выделяется скрытая теплота парообразования, капиллярные силы возвращают его в зону испарения.

ТТ-10. Пат. США 3 788 389 (1971 г.). Система опорных конструкций со стабилизацией вечной мерзлоты (фирма Мак Доннел Дуглас Корп.). Фирма заключила, по-видимому, самый крупный в настоящее время контракт на ТТ: 100 000 тепловых труб для Трансаляскинского нефтепровода.

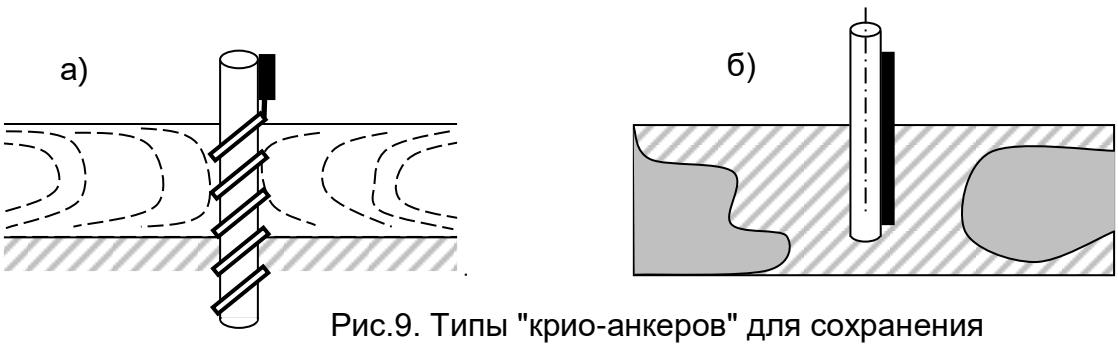


Рис.9. Типы "крио-анкеров" для сохранения вечной мерзлоты.

а) свая со спиральным крио-анкерным стабилизатором,
б) свая с прямым крио-анкерным стабилизатором.
Для сохранения вечной мерзлоты вокруг опор нефтепровода использовались ТТ диаметром 5 и 7,5 см, длиной от 9 до 18 м. Теплопередача снизу вверх к радиатору, размещенному над уровнем земли. Т.к. ТТ имеет большую длину, то они работают в режиме термосифона (теплопередача только снизу вверх): осенью происходит быстрое охлаждение оттаявшего грунта, весной и летом жидкость скапливается в нижней части и труба не работает. Крио-анкеры позволяют на 10-12 м уменьшить длину свай.

ТТ-11. Пат. Великобритании 1 255 114 (1970 г.). Регенератор воздух-воздух с тепловыми трубами, используемый для производительного подогрева воздуха. Для регенерации тепла сбросного воздуха аппарат имеет пучок оребренных ТТ, испарители которых размещены в канале сбросного воздуха, а конденсаторы - в канале подогреваемого воздуха. К.п.д. системы достигает 70%, окупается за два года.

ТТ-12. А.с. СССР 840 602 (Институт тепло- и массообмена АН БССР) - аналогичное решение.

ТТ-12. Использование ТТ в системах кондиционирования воздуха - для предварительного охлаждения поступающего воздуха. Охлаждение происходит за счет передачи теплоты в канал отвода более холодного сбросного воздуха. Из-за большой длины используемых в таких системах ТТ они могут работать только в горизонтальном положении. Этот недостаток обращен в пользу: регулирование режима работы ТТ осуществляется путем незначительного изменения угла их наклона.

ТТ-13. А.с. СССР 1 028 984 (БИ, 26-1983, с. 129). Шахтная печь - с целью экономии тепловой энергии газоотводы снабжены тепловыми трубами.

ТТ-14. Пат. США 3 302 042 (1965 г.). Применение высокотемпературных ТТ в ядерных реакторах, в частности в термоионных преобразователях (температура эмиттера 1600^{0}С, коллектора 600^{0}С, к.п.д. преобразования энергии 10-20 %).

ТТ-15. Пат. США 3 662 542 (1969 г.). Предложен воздухоподогреватель утилизирующий теплоту выхлопных газов ДВС - для кондиционирования воздуха, регулирования температуры в кабине и т.д.

ТТ-16. А.с. СССР 1 025 843 (БИ, 24-1983, с. 92). Холодильник, имеющий в основании бетонную плиту с вмонтированной в нее системой трубопроводов для циркуляции теплоносителя и снабженный холодильной установкой с

конденсатором водяного охлаждения, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью сокращения энергозатрат путем испарения вторичных энергоресурсов от холодильной установки, система трубопроводов выполнена в виде ряда ТТ, конденсаторная часть которых вмонтирована в плиту, а испаряющая введена в магистраль для циркуляции отработанной воды, выходящей из конденсатора холодильной установки.

ТТ-17. Пат. Франции 2 361 965 (Новое в жизни, науке, технике. Изд-во "Знание", серия "Техника", 2-1983. с. 59). Во Франции разработаны выхлопные клапаны ДВС, в шток которых встроена тепловая трубка, которая интенсивно отводит тепло от наиболее накаленной части - шляпки клапана. Надежность клапанов, а вместе с ними и двигателя существенно увеличиваются.

ТТ-18. Использование ТТ в антиобледенительных системах самолетов (РЖ Теплотехника, 1981, 4Г 72), в качестве рабочей жидкости - аммиак.

ТТ-19. Использование ТТ для охлаждения в авиации (РЖ Теплотехника, 1981, 4Г 80) - позволяет уменьшить вес и объем ряда компонентов летательных аппаратов.

ТТ-20. Низкотемпературные тепловые трубы, для летательных аппаратов. Под ред. д.т.н. Г.И.Воронина, "Машиностроение", 1976 г. Низкотемпературные тепловые трубы. Под ред. д.т.н. Л.П. Васильева. "Наука и техника", Минск, 1976 г.

ТТ-21. Применение ТТ в космической технике (спутники, обсерватории, челночный корабль). Эта область применения в наибольшей степени стимулировала развитие ТТ. Цели применения:
- выравнивание температуры поверхности космических аппаратов, т.е. сведение к минимуму градиентов температуры, возникающих из-за солнечного обогрева, тепловыделений электронных устройств, или ядерных источников энергии;
- охлаждение различных элементов, в частности, подсистем, температура которых должна быть ниже температуры окружения;
- регулирование температуры жидкости в замкнутых водяных контурах системы стабилизации температуры внутреннего пространства корабля;
- быстрое остывание корпуса челночного корабля как до, так и после его приземления для ускорения его оборачиваемости.

ТТ-22. Двигатель Стирлинга (поршневой двигатель внешнего сгорания, рабочее тело - газ - водород или гелий). ТТ может быть использована для передачи тепла от единого источника к отдельным цилиндрам многоцилиндрового двигателя. Мощные двигатели работают при Т = 700-750^{0}С и Р = 10 МПа, для высокотемпературной части двигателя подходит ТТ “натрий – нержавеющая сталь”

ТТ-23. Использование ТТ в инструментах для криохирургии. ТТ соединяет ручку, в которой смонтирован источник холода (холодные спаи термопары или жидкостной теплообменник), с рабочим концом инструмента.

ТТ-24. А. с. СССР 311 110 (БИ, 24-1971 г.). Охлаждаемый корпус агрегата, например, вакуум-насоса, снабжен ребрами, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью интенсификации охлаждения, ребра выполнены в виде тепловых трубок.

1.4.2. Прямое использование вторичных свойств ТТ.

<u>ТТ-25.</u> Пат. Великобритании 1 288 222 (1969 г.). Предохранитель на основе ТТ. Передача конденсата с помощью капиллярных сил вдоль плавного проводника. При повышении тока наступает кризис кипения (тепло не успевает отводиться), предохранитель перегорает.

<u>ТТ-26.</u> А.с. СССР 616 073 (БИ, 27-1978, с. 46). Электрический паяльник, содержащий корпус с ручкой, спиральный нагреватель и паяльный стержень, выполненный в виде трубки, часть внешней поверхности которой снабжена охлаждающими ребрами, а внутренняя поверхность - пористым слоем с капиллярными свойствами, капилляры которого заполнены жидким теплоносителем, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью стабилизации температуры рабочей части паяльника, полость паяльного стержня заполнена неконденсирующимся газом.
Подробнее о роли неконденсирующихся газов см. раздел 1.6.1.

<u>ТТ-27.</u> А.с. СССР 936 733 (ИР, 12-1983, МИ 1239). Способ определения полноты сгорания топлива по количеству неконденсирующегося газа в ТТ, связанной с любым источником тепла.

<u>ТТ-28.</u> А.с. СССР 1 076 637. Рабочее колесо центробежного насоса содержащее диск с укрепленными на нем лопатками, стенки которых выполнены из упругого материала, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения технологичности и надежности путем обеспечения автоматического регулирования подачи при изменении температуры рабочей среды, каждая лопатка имеет герметичную полость, заполненную легкокипящим газом.
Смысл изобретения в том, что при испарении рабочей жидкости, давление внутри ТТ-лопатки повышается, эластичная лопатка изменяет угол наклона - меняется подача. Допустим, центробежный насос подает воду на охлаждение агрегатов из открытого источника, температура в котором меняется; при повышении температуры воды надо увеличить подачу, чтобы уровень охлаждения остался прежним - насос сам изменяет расход перекачиваемой воды в зависимости от температуры.

1.4.3. Использование "образа" моно -ТС.

<u>ТТ-29.</u> В 1974 г. группой голландских ученых высказана гипотеза по новому объясняющая работу потовых желез, основанное на замеченной ими аналогии с работой ТТ.

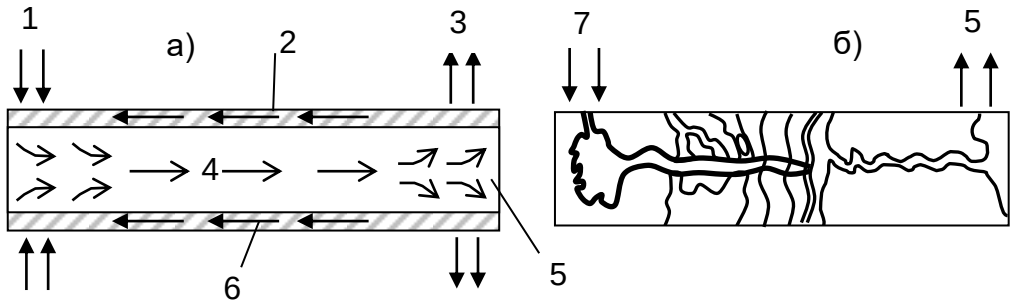


Рис.10. Схематичное изображение тепловой трубы (а) и потовой железы (б).
1 - подвод тепла, 2 - фитиль, 3 - отвод тепла, 4 - пар, 5 - конденсатор, 6 - жидкость, 7 - испаритель.

До сих пор процесс терморегуляции организма с помощью потовых желез объяснялся следующим образом: при необходимости отвести тепло клубочки желез выделяли воду, которая по каналу поступала на поверхность кожи и испарялась, охлаждая тем самым организм.
Однако новые факты не укладывались в эту концепцию. Например, при пересадке кожи потовые протоки были полностью закупорены, а все же передавали значительное количество теплоты на поверхность кожи. С другой стороны, необъяснимым оставался факт потери теплоты телом, когда потовые железы находились в покоящемся состоянии (т.е. когда не происходит выделение влаги на поверхность кожи, нет активного потовыделения, например, в сидячем положении).
Новая модель работы потовых желез объясняет все наблюдаемые явления.
Потовая железа работает постоянно, т.е. вода клубочками выделяется всегда. Вода испаряется не с поверхности кожи, а в начале протока (это наиболее эффективный режим охлаждения организма). Испарение с поверхности кожи - вспомогательный процесс при чрезмерных нагрузках по теплопередаче. Наблюдениями было установлено наличие возвратного течения воды по потовым протокам благодаря капиллярному подсосу по слизистой оболочке и под действием осмоса. Т.е. налицо работающая модель ТТ (испарение, конденсация, возврат конденсата в "испаритель"). Теоретическим расчетом теплопередачи с позиций этой модели (были заданы параметры ТТ и определено их количество на всей поверхности тела) были определены суммарные потери тепла телом - 34 Вт. Независимые измерения потерь теплоты в сидячем положении показали величину около 100 Вт. Как видно, порядок величин совпадает. Кроме того, в модели не учитывались такие факторы, как осмос и распределение радиальных потоков теплоты вдоль потовой протоки.
Успешное использование идеи ТТ в биологии служит дополнительным показателем высокой степени развития в направлении идеальности данной технической системы.

Принцип ТТ использован также в следующий оригинальной разработке.

<u>ТТ-30.</u> Солнечный холодильник (ХиЖ, 7-1980, с. 70). В США сконструирован домашний холодильник без единой движущейся детали, способный работать без ремонта 20 и более лет. Источником энергии для него служит солнечный свет, рабочим веществом - вода. Солнечная коллекторная панель заполнена цеолитами. Она связана со змеевиком - конденсатором паров, а тот в свою очередь, с баком - накопителем воды. Эти, три узла составляют единую систему, из которой полностью откачан воздух. Днем, когда солнце нагревает коллекторную панель, цеолит начинает испускать водяной пар, который конденсируется в змеевике и, превращаясь в воду, стекает в бак накопитель. Ночью же, когда становится холодно, цеолит адсорбирует часть воды. При этом система охлаждается, и остаток воды в баке превращается в лед. Такой рабочий цикл повторяется постоянно, и температура в холодильнике опускается до минус 3-4^{0}С.
Холодильник продолжает работу в том же режиме, даже если солнце не появляется три дня подряд.

1.4.4. Использование ТТ с изменениями геометрии.

Простейшим изменением ТТ с целью ее приспособления к работе в конкретных условиях других систем является изменение ее геометрических параметров.

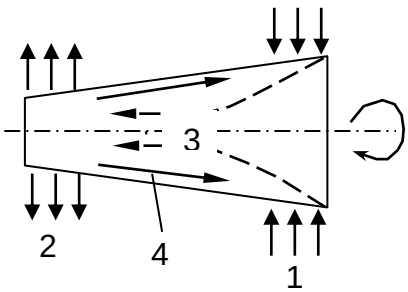
ТТ-31. Пат. Великобритании 1 327 794 (1970 г.). ТТ с эластичной стенкой, облегающей электронные компоненты - не нужно сложного крепления этих приборов на ТТ. Тонкая полимерная пленка прижимается под действием давления пара и повторяет их рельеф.

ТТ-32. А.с. СССР 1 070 137 (БИ, 4-1984 г.). Аппарат для выращивания микроорганизмов, содержащий емкость, аэратор и теплообменное устройство типа тепловой трубы, содержащей две вертикальные, цилиндрические обечайки, размещенные коаксиально с образованием кольцевой полости для хладагента, заглушенной с торцов, и трубчатый конденсатор о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью увеличения коэффициента теплопередачи, стенки обечаек кольцевой полости снабжены покрытием из КПМ, а трубчатый конденсатор размещен в ней центрально.

ТТ-33. А.с. СССР 1 030 631 (БИ, 27-1983, с. 155). Теплообменное устройство, с целью интенсификации теплообмена, тепловые трубы выполнены в форме логарифмической спирали, наружная ветвь которой асимптотически приближена к внутренней поверхности вращающегося корпуса - шаг спирали составляет 0,1-1,0 радиуса вращающегося корпуса.

Довольно большим классом ТТ являются вращающиеся тепловые трубы. Этот тип ТТ представляет собой по сути термосифоны, т.к. в них нет капиллярной структуры. Возврат конденсата осуществляется за счет центробежных сил. Вращающаяся ТТ не имеет тех капиллярных ограничений по возврату жидкости, которые характерны для обычных фитильных ТТ, ее передающая способность может быть во много раз больше. Разумеется, применение их выгодно там, где центробежные силы "бесплатны", т.е. при отводе тепла от вращающихся элементов. Изменение в геометрии - конусность корпуса.

ТТ-34. Вращающаяся ТТ. Впервые идею высказал В.Х. Грей (США) в 1969 г. Вращающаяся ТТ состоит из герметичной полой емкости, внутренняя часть которой слегка коническая и содержит определенное количество рабочей жидкости.



1 - зона испарения
2 - зона конденсации
3 - паровой поток
4 - возврат жидкости

Рис.11. Вращающаяся тепловая труба.

Установлено, что увеличение теплопередачи пропорционально росту центробежного ускорения в степени одна четвертая.
Ограничений роста теплопередачи те же, что и в обычных ТТ (скорость звука,

неустойчивость границы раздела жидкость-пар, кризис кипения).

<u>ТТ-35.</u> Применение вращающихся ТТ:
- в кондиционере (Грей, 1969 г.),
- выравнивание температуры во вращающемся барабане (Гроль и др, 1973 г.); барабан - для натяжения пластмассовых волокон, скорость вращения до 6000 об(мин, температура 250^{0}С,
- охлаждение двигателей переменного тока (Полачек, 1973 г.), ТТ вмонтированные в полые валы роторов позволяют увеличить нагрузку на 15 % без увеличения температуры обмотки,
- охлаждение вращающихся резцов, тяжело нагруженных подшипников и валков прессов.

1.4.5. Использование ТТ с изменением вещества.

<u>ТТ-36.</u> Пат. США 3 651 865 (1970. г.). Описывается ТТ для охлаждения электронных приборов. В одном из вариантов для регулирования температуры используется инертный газ.

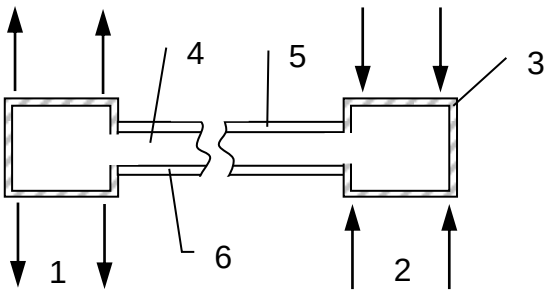
<u>ТТ-37.</u> Охлаждение высоковольтных элементов с помощью диэлектрических ТТ (П.Дан, Д.Рей. Тепловые трубы, М, Энергия, 1979.г., с. 217). Стенка, фитиль и. рабочая жидкость - неэлектропроводны (например, стенка - стекло, фитиль - керамическое волокно, жидкость - флутек) .

<u>ТТ-38.</u> Пат. США 3 563 309 (1968 г.). ТТ с улучшенной электрической прочностью для теплопередачи между точками с различным электрическим потенциалом.

<u>ТТ-39.</u> Гибкие ТТ. Целесообразно применение при вибрации источника тепла. Обычное решение - гибкие вставки между зонами испарения и конденсации: сильфоны или эластичный материал. Без вибрации изгиб до 90^0. При вибрации, увеличение теплопередачи в горизонтальном положении, снижение перекачивающей способности фитиля при работе против сил гравитации. Предел продольных вибраций для ТТ = 500 Вт составляет 10 Гц.

1.4.6. Использование ТТ с изменением подсистем.

<u>ТТ-40.</u> А.с. СССР 363 844 (БИ, 4-1973 г.). ТТ работающая в горизонтальном положении; нет необходимости в КПМ, в транспортной зоне; для обеспечения транспорта жидкости использован принцип сообщающихся сосудов - перетекание без влияния капиллярных сил.



1 - зона конденсации,
2 - зона испарения
3 - КПМ
4 - транспорт пара
5 - транспорт жидкости
6 - разделительная стенка

Рис.12. Горизонтальная тепловая труба без КПМ.

1.4.7. Использование ТТ с исключением веществ и подсистем.

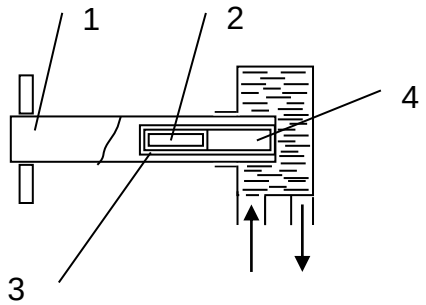
<u>ТТ-41.</u> А.с. СССР 1 020 130 (ИР, 12-1983, МИ 1209). Для пожаротушения предлагается использовать гранулы из пористого теплоизоляционного материала, предварительно пропитанного охлажденным низкокипящим ингибитором.
Есть рабочая жидкость, КПМ, зона испарения; нет корпуса. ГПП - тушение пожара - осуществляется охлаждением и введением ингибитора.

<u>ТТ-42.</u> Пат. Великобритании 1 361 505 (1971г.). Фитиль облегает охлаждаемые элементы, т.е. они помещаются внутрь ТТ. Нет стенки в зоне испарения, а значит нет термического сопротивления.

<u>ТТ-43.</u> Пат. США 3 613 778 (1969 г.). Плоская ТТ, без парового канала; пористый металлический фитиль или сетка в паровом канале.

<u>ТТ-44.</u> Пат. Великобритании 1 283 332 (1970 г.). Вращающаяся (бесфитильная). ТТ для охлаждения электрических машин.

<u>ТТ-45.</u> А.с. СССР 306 321 (БИ, 19-1971 г.). Тепловая трубка, например, для охлаждения вращающегося вала, внутренняя полость которой заполнена теплоносителем, циркулирующим с изменением его агрегатного состояния, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения надежности, трубка выполнена внутри вала в виде герметичного осевого канала (форма - усеченный конус), расширяющегося в направлении зоны испарения для перемещения конденсата с помощью ц.б.с.



1 - вал
2 - герметичный канал, усеченный конус
3 - зона испарения
4 - зона конденсации

Рис.13. ТТ для охлаждения вала.

Канал заполнен жидким теплоносителем. Конденсат под действием ц.б.с. по конической поверхности поднимается в зону испарения.

<u>ТТ-46.</u> А.с. СССР 325.468 (БИ, 3-1972 г.). Вращающаяся ТТ с винтовой нарезкой на внутренней поверхности для интенсификации теплообмена.

<u>ТТ-47.</u> А.с. СССР 338 762 (БИ, 16-1972 г.). Вращающаяся ТТ с резьбовидной внутренней поверхностью.

1.4.8. Использование ТТ с введением промежуточной ТС.

<u>ТТ-48.</u> Регулируемая ТТ, содержащая герметичный корпус с зоной испарения, соединенный при помощи термоконтактора с внутренней стенкой охлаждаемого объекта, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью интенсификации теплоотвода,

термоконтактор в виде полых торов, заполненных легкоплавким материалом (парафином) и изменяющих при нагреве сечение на эллиптическое, ориентированное большей осью в направлении перпендикулярном продольной оси трубки, при неизменном периметре сечения.
1 - ТТ, 2 - зона испарения, 3 - объект, внутри которого генерируется тепло, например, электронный элемент - 4, 5 - зона конденсации, 6 - изоляция, 7 - цилиндрическая поверхность, подвод тепла, 8 - торические трубки, одна или несколько с легкоплавким материалом.
Пока температура на 7 ниже температуры плавления, термоконтакта нет, при расплавлении тор превращается в эллипс и плотно прижимается к цилиндрической поверхности. При охлаждении он возвращается в исходное состояние.

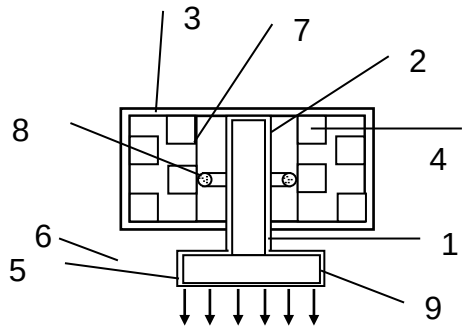


Рис.14. Регулируемая тепловая труба.

<u>ТТ-49.</u> А.с. СССР 1 064 080 (БИ. 48-1983, с. 143). Устройство для утилизации тепловой энергии по а. с. 1 037 023, о т л и ч а ю щ е г о с я тем, что, с целью повышения эффективности использования влаги вытяжного воздуха, размещенные в другом отсеке концы ТТ также покрыты КПМ.
Чтобы "вытянуть" тепло еще и из влаги, концы ТТ снаружи покрывают КПМ.

1.4.9. Использование ТТ с совмещением ее с другой ТС на уровне вещества.

<u>ТТ-50.</u> А.с. СССР 419 695 (БИ, 10-1974 г.). Плоская ТТ, содержащая корпус, внутри которого трехмерная решетка, образующая параллельные каналы для прохода паров рабочей среды, и равномерно расположенный по объему корпуса фитиль из КПМ, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения термодинамической эффективности, решетка выполнена из теплопроводного материала и покрыта веществом с большой теплотой плавления, например, галлием, удерживаемым при расплавлении в узлах решетки капиллярными силами.

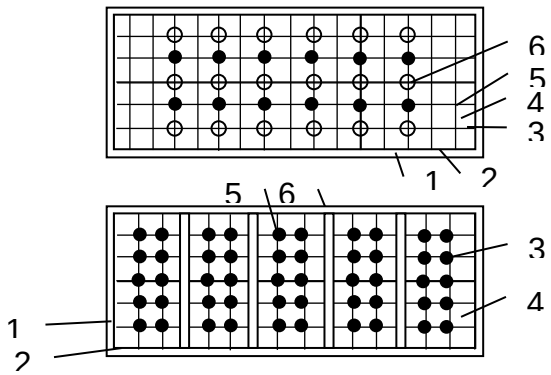
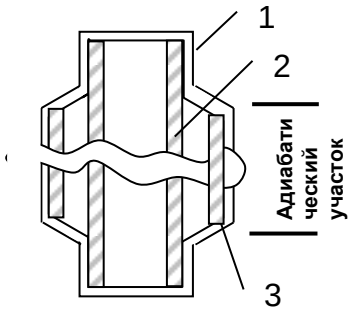


Рис.15. Плоская тепловая труба.

1 - тонкостенный корпус, плоский, 2 - КПМ, 3 - решетка, покрыта веществом с большой теплотой плавления (галлий). Участки решетки 3 около 2 могут быть без покрытия. Решетка 3 образует каналы 4, для прохода паров (ацетон), в ее узлах, 5 плавящееся вещество, удерживаемое капиллярными силами, 6 - фитили КПМ, соединенные с 2.
При подводе тепла к одной из стенок 1 пары нагревают вещество покрывающее решетку 3, оно плавится. Происходит отбор тепла от паров, рабочая среда конденсируется и по фитилям возвращается в зону нагрева.
Для охлаждения периодически действующей радиоаппаратуры. Нужно снять пиковый тепловой поток, а потом пусть помедленнее…
Здесь ТТ совмещена с ТС - тепловой аккумулятор. Галлий - интересное

вещество, обладающее аномально большой теплопроводностью, точка плавления - 28^{0}С.

<u>ТТ-51.</u> А.с. СССР 520 492 (БИ, 25-1976 г.). ТТ, содержащая герметичный корпус, наполнитель внутри, пропитанный жидкометаллическим теплоносителем, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения надежности, между внутренней стенкой корпуса и наполнителем на адиабатическом переходном участке размещено очистительное устройство, выполненное в виде набора различных геттеров из пористого материала, например, сетки.



1 - корпус
2 - капиллярный наполнитель (слой сетки, пористого материала и продольных пазов на внутренней стенке корпуса)
3 - слои геттерных материалов в виде сетки.

Рис.16. Тепловая труба с геттером.

Жидкометаллический теплоноситель испаряется, пар конденсируется, обратный поток - через геттеры очищает от примесей. Гидравлическое сопротивление слоев геттеров мало по сравнению с 2 .
Суммарное проходное сечение геттеров больше по сравнению с проходным сечением наполнителя, что значительно уменьшает вероятность уноса окислов к поверхности испарения.
Здесь ТТ совмещена с ТС - очистителем. Рабочая жидкость - жидкий металл - со временем загрязняется различными примесями (окислы, газовые пузырьки, частички материала корпуса); обычный способ очистки - разгерметизация ТТ, очистка, заправка новой жидкостью. Геттер (газопоглотитель) впитывает газы и является накопителем механических примесей.

<u>ТТ-52.</u> Пат. Великобритании 1 194 530 (1969 г.). Для стабилизации процесса окисления высокотемпературной рабочей жидкости (литий) предложено вводить в нее присадки (иттрий и другие редкоземельные элементы).

<u>ТТ-53.</u> А.с. СССР 941 843 (БИ, 1981 г.). Рабочее тело тепловой трубы, содержащее растворенные в воде твердые вещества, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения передаваемой тепловой мощности, в качестве твердых веществ в воду введены высокомолекулярные полимеры в количестве 10 - 0,1%
Т.е. для снижения гидравлического сопротивления использован эффект Томса.

<u>ТТ-54</u> Пат. Великобритании 1 281 272 (1970 г.). Для увеличения мощности теплопередачи предложено добавлять в жидкость (вода) вещества, увеличивающие смачиваемость, например, некал (натриевая соль алкил-нафталии-сульфокислоты - обычное поверхностно-активное вещество).

<u>ТТ-55.</u> А.с. СССР 1 064 115 (БИ, 48-1983 г., с. 150). Капиллярная структура ТТ из спеченных металлических частиц, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения эксплуатационной надежности, 20-70% свободного пространства между металлическими частицами заполнено частицами из лиофильного

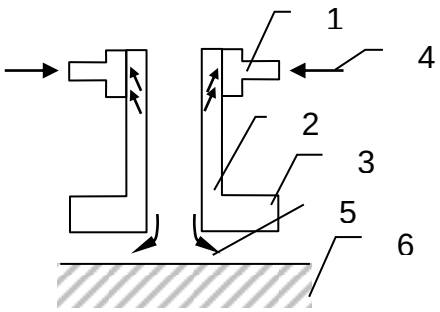
пористого материала, преимущественно гипса, крахмала, асбеста и целлюлозы, имеющими диаметр 0,4-0,7 диаметра металлических частиц.
Лиофильный - хорошо смачиваемый материал.

1.4.10. Использование ТТ с совмещением ее с другой ТС на уровне подсистем.

Смотри карточки:
ТТ-9 - ТТ + полупроводниковый прибор.
ТТ-17 - ТТ + выхлопной клапан ДВС.
ТТ-23 - ТТ + криоинструмент.
ТТ-24 - ТТ + ребра корпуса вакуум-насоса.
ТТ-25 - ТТ + предохранитель.
ТТ-26 - ТТ + стержень паяльника.
ТТ-28 - ТТ + лопатка ц(б насоса.
ТТ-35, ТТ-47 - вращающаяся ТТ.

1.4.11. Использование ТТ с полным совмещением ее с другой ТС.

ТТ-56. А.с. СССР 988 513 (БИ, 2-1983 г.). Электрод-инструмент для электрохимической размерной обработки с внутренней герметичной полостью для прокачки охлажденной среды, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения точности обработай путем стабилизации выбранного перепада температур электролита по длине межэлектродного промежутка, внутренняя герметичная полость частично заполнена легкоиспаряющейся жидкостью, а нерабочий торец электрод - инструмента с внешней стороны снабжен проточным теплообменником.
2....Внутренняя полость покрыта КПМ.
3....Размер ячеек КПМ структуры уменьшается в направлении к краям электрода.



1 - теплообменник
2 - полость
3 - КПМ
4 - подача жидкости в теплообменник
5 - электролит
6 - обрабатываемое изделие

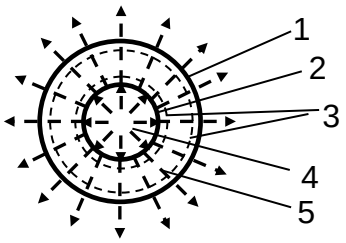
Рис.17. Электрод-инструмент с ТТ.

ТТ-57. А.с. СССР 410 422 ("Знание - сила", 3-1978, с.-40). Автопокрышка в виде ТТ. Для охлаждения резины перегревающейся от трения, об асфальт, предложено помещать внутрь шины немного воды или спирта. Жидкость испаряясь забирает тепло и конденсируется на холодном ободе колеса.

ТТ-58. А.с. СССР 1 020 548 (способ) и а.с. СССР 436 965 (устройство). Арматурный элемент выполнен в виде изогнутой трубки, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью увеличения степени его теплового расширения, полость трубки заполнена легкокипящей жидкостью.

ТТ-59. Способ работы ТТ в виде коаксиально расположенных герметичных цилиндров, путем перемещения рабочего агента из зоны испарения в зону

конденсации и обратно, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью интенсификации процесса переноса перемещение агента осуществляют в радиальном направлении при размещении тепловыделяющего источника по оси трубки Полость между цилиндрами заполнена рабочей жидкостью - агентом. (БИ, 27-1974 г.)



1,2 - коаксиально размещенные герметичные цилиндры
3 - КПМ
4- тепловыделяющий источник по оси трубки
5 - радиальные пористые ребра, соединяющие цилиндры

Рис.18. Термостат с ТТ.

Обычное использование таких ТТ - в качестве емкости термостата. Для различных биохимических процессов (двойные стенки емкости - это и есть радиальная ТТ). В таких процессах, например, размножение микроорганизмов, происходят непредсказуемые скачки температуры (см. также ТТ-32).

<u>ТТ-60.</u> А.с. СССР 777 273 (ИР, 4-1982, с. 16). Шарик подшипника качения выполнен в виде ТТ. Шарик, пробегая по дорожкам качения, то испытывает максимальную нагрузку, то испытывает полную разгрузку. Место контакта с дорожкой перемещается по поверхности бегущего шарика, подчиняясь сложным законам движения. Шарик, можно сказать, живет в вечном напряжении, усугубляемом неравномерным нагревом и охлаждением, плохим теплообменом с окружающей средой. Кроме того, есть машины, работающие в очень тяжелых условиях: при высоких температурах, больших динамических нагрузках, в глубоком вакууме, где нельзя применить смазку.

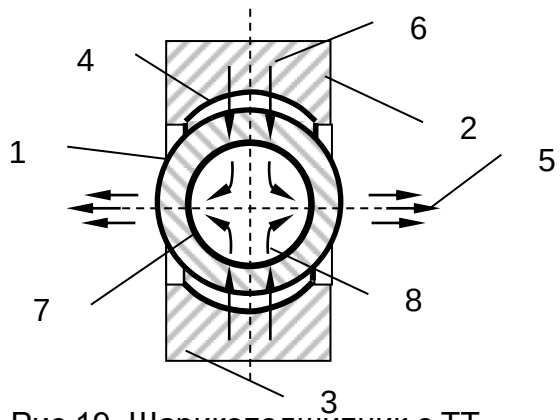


Рис.19. Шарикоподшипник с ТТ.

При работе шарики 1 контактируют с наружным 2 и внутренним 3 кольцами подшипника и нагреваются в местах контакта 4. При этом каждый шарик вращается вокруг геометрической оси 5.

Тепловой поток 6 передается жидко-металлическому теплоносителю, которым насыщено пористое покрытие 7. Забрав тепло от нагретой зоны шарика, теплоноситель испаряется и паровым потоком 8 переносится к более холодным участкам шарика, к тем, которые не находятся в контакте с кольцами. Тепло уходит в окружающее пространство, а теплоноситель конденсируется в зонах пористого покрытия, примыкающих к охлажденным поверхностям шарика, и за счет капиллярного эффекта и центробежной силы возвращается в зоны испарения. Так непрерывно охлаждается подшипник.

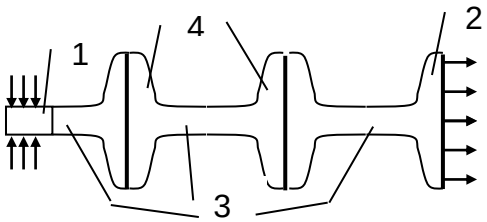
Смотри также карточки:
ТТ-30 - ТТ + солнечный холодильник,
ТТ-41 - ТТ + средство пожаротушения.

1.4.12. Использование ТТ с образованием би-системы.

Образование би -систем, т.е. систем состоящих из двух совместно работающих ТТ, началось с попыток создания регулируемых тепловых труб (подробнее см. раздел 1.6, карточки **ТТ-114, ТТ-115**). Трубы соединены противоположными концами (испаритель с конденсатором) и представляют собой простейшую систему с обратной связью.

1.4.13. Использование ТТ с образованием поли-системы.

<u>ТТ-61.</u> А.с. СССР 340 852 (БИ, 18-1972 г.). Тепловая трубка, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью обеспечения передачи тепла на большие расстояния, корпус разделен поперечными перегородками на отсеки, заполненные различными

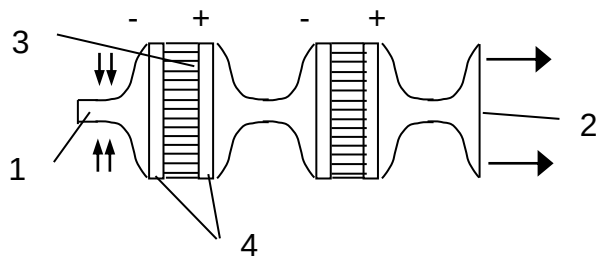


1 - зона испарения
2 - зона конденсации
3 - отсеки с рабочими телами
4 - перегородки

Рис. 20. Поли-системная тепловая труба.

рабочими телами с температурой испарения последовательно уменьшающейся от горячего конца к холодному.

<u>ТТ-62.</u> А.с. СССР 389 364 (БИ, 29-1873 г.). Тепловая трубка... о т л и ч. ч а ю щ а я с я тем, что, с целью обеспечения передачи тепла на большие расстояния - при малых температурных перепадах и использования одного рабочего тела, поперечные перегородки выполнены в виде термоэлектрических батарей, коммутационные пластины холодных спаев которых обращены в сторону зон испарения.

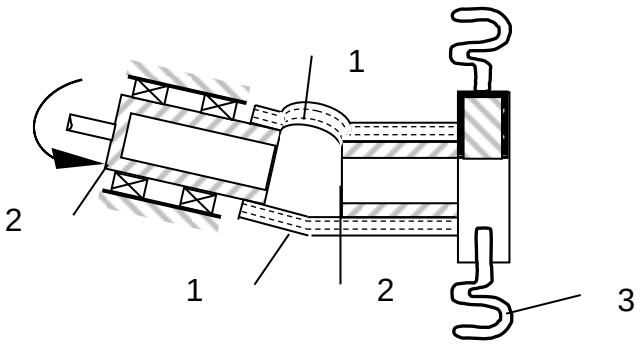


1 - зона испарения
2 - зона конденсации
3 - поперечные перегородки в виде термоэлектрических батарей
4 - коммутационные пластины

Рис. 21. Поли-система из ТТ с термоэлектрическими батареями

<u>ТТ-63.</u> А.с. СССР 1 057 706 (БИ, 44-1983, с. 139). Тепловой двигатель, содержащий рабочие элементы, прижатые к горячим и холодным дуговым контактам теплообменников и соединенные с валом отбора мощности, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения мощности и КПД путем интенсификации процесса теплообмена, рабочие элементы выполнены в виде тепловых труб, заполненных капиллярным материалом, пропитанным жидким теплоносителем, установленных вдоль образующих двух цилиндров, расположенных один относительно другого под нужным углом с возможностью вращения вокруг

своих осей, а термомеханическая память рабочего элемента выполнена в их максимальном изгибе при расположении на внутренней стороне тупого угла между образующими цилиндров и в минимальном изгибе при расположении на внешней стороне этого угла.
2. Двигатель по п.1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что горячий и холодный контакты соединены соответственно с горячим и холодным теплообменными трубами.



1 - рабочие элементы в виде тепловых труб
2 - цилиндры
3 - теплообменные ТТ
4 - вал отбора мощности

Рис. 22. Поли-система из ТТ в тепловом двигателе.

1.4.14. Использование ТТ с образованием сложных систем.

<u>ТТ-64.</u> А.с. СССР 408 114 (БИ, 47-1974 г.). Регулируемая ТТ включающая корпус с капиллярной структурой, испарительную, транспортную и конденсационную зоны, последняя из которых соединена с газовым резервуаром, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения эффективности теплопередачи и увеличения точности регулирования зона конденсации выполнена в виде объединенных общим коллектором со стороны транспортной зоны параллельных ветвей, каждая из которых соединена с газовым резервуаром.
2. Испарительная зона с внешней стороны имеет гнезда для подсоединения источника тепла в виде автономных тепловых труб.
3. Конденсационная зона вместе с газовым резервуаром помещена в отсек, заполненный нагреваемой средой.

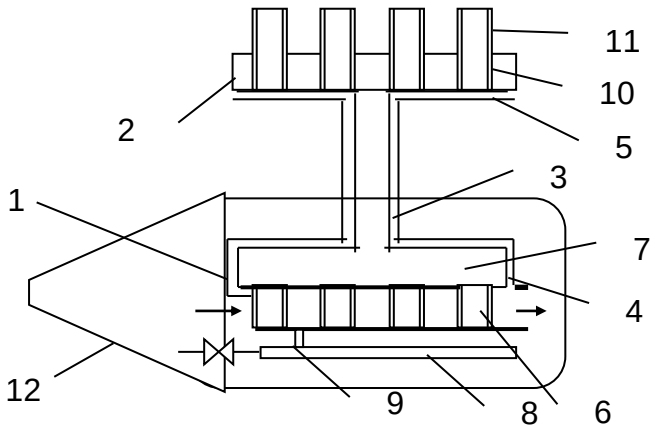


Рис. 23. Регулируемая ТТ

1 - корпус, 2 - испарительная зона, 3 - транспортная зона, 4 - конденсационная зона, 5 - КПМ, 6 - параллельные ветви конденсационной зоны, 7 - общий коллектор, 8 - газовый резервуар, 9 - канал, соединяющий с газовым резервуаром, 10 - гнезда в испарительной зоне 2 для подсоединения источника тепла, например, в виде автономных тепловых труб 11 (плоских или круглых), 12 - отсек, заполненный нагреваемой средой (газовой смесью).

При нагреве тепловых труб 11 пары рабочей жидкости из испарительной зоны 2 через 3 поступают в конденсационную зону 4. При уменьшении притока тепла к 11 уменьшается количество пара во всей системе и газ из 8 через 9 поступает в 6, выключая тем самым часть теплообменной поверхности. В противном случае она может

работать в режиме испарения, что может вести к оттоку тепла из отсека 12.

<u>ТТ-65.</u> А.с. СССР 787 876. Предложена довольно сложная система, включающая испаритель, конденсатор, сборник конденсата, сифон, демпфирующую емкость и т.д.

1.5. Период развития ТТ.

Параллельно с массовым применением ТТ происходило интенсивное развитие всех её элементов: рабочей жидкости - $В_1$, корпуса - $В_2$, подсистемы транспорта рабочей жидкости - $ПС_1$, транспорта пара - $ПС_2$, зон теплообмена - $ПС_3$. Развитие шло в одном направлении - **увеличение ГПФ системы.** При очередной попытке увеличении ГПФ возникающие претензии внешней среды требовали изменения одного из элементов, а часто, одновременного изменения нескольких элементов. Эти изменения обуславливались также и ВПФ-совместимостью.

1.5.1.Рабочая жидкость ($В_1$).

В разделах 1.1.3 и 1.1.4 кратко изложены основные требования к $В_1$ и $ПС_1$, а также их полезные функции и ограничения, накладываемые физическими особенностями процесса. К рабочей жидкости предъявляются противоречивые требования от различных подсистем тепловой трубы - $ПС_1$, $ПС_2$, $ПС_3$ (Рис. 25).

Наибольшее влияние на развитие $В_1$ оказывает подсистема транспорта жидкости, $В_1$ является частью $ПС_1$ и поэтому они развиваются совместно. $В_1$ изменяется, подчиняется требованиям $ПС_1$.

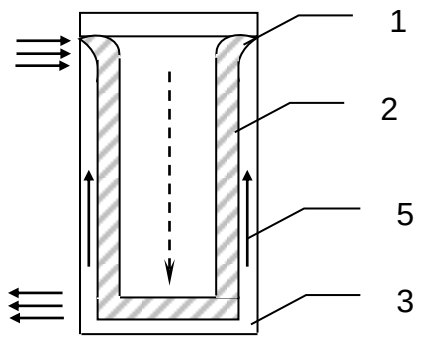
Первая $ПС_1$ - в классической ТТ - была капиллярно – пористая структура. Поэтому первые изменения $В_1$ были направлены на увеличение скорости транспорта жидкости в условиях ее взаимодействия с КПМ:

<u>ТТ-53</u> - добавки в $В_1$ высокомолекулярных полимеров (ВМП);

<u>ТТ-54</u> - добавка в $В_1$ поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Затем начался поиск нового физического принципа работы $ПС_1$, соответственно изменилось и $В_1$.

<u>ТТ-66.</u> Пат. США 3 561 525 (1969 г.) и 3 677 337 (1970 г.). 0смотические ТТ Бэра и Майдоло (без приложения электрического и магнитного полей).



1 - зона испарения
2 - полупроницаемая мембрана
3 - зона конденсации
4 - паровой канал
5 - канал возврата жидкости

Рис. 24. Осмотическая ТТ.

Полупроницаемая мембрана (ацетат целлюлозы) отделяет паровой канал от канала возврата жидкости. Рабочая жидкость: раствор сахара в воде (Бэр) или

Тепловая труба
р а з в и т и е

B_1 рабочая жидкость

1 — 1969, пат. Вбр. 1194530
Увеличение теплоемкости, литий, для стабилизации – иттрий и др.

2 — 1970, пат. Вбр. 1281272
Ускорение теплопередачи, анионные ПАВ, для увеличения смачиваемости

3 — 1980, а.с. СССР 941843
Ускорение теплопередачи, ВМП = 10^{-6} - 0,1%, эффектТомса

4 — 1969, пат. США 3 561 525
Ускорение теплопередачи в 10 раз, без КПМ, сахароза, осмотическая ТТ

5 — 1971, Абу - Ромия
Ускорение теплопередачи, электролит, электроосмотическая ТТ, без КПМ

6 — 1981, а.с. СССР 765 634
Улучшение теплообмена, электроосмотическая ТТ, КПМ в зонах испарения и конденсации

7 — 1973, Джонс, США
Ускорение теплопередачи, диэлектрическая жидкость, электростатическая ТТ, без КПМ

8 — 1977, а.с. СССР 568 809
Регулирование теплопередачи, диэлектрическая жидкость, неоднородное эл. поле

9 — 1983, а.с. 1 024 682
Поглощение ПС, неоднородное эл. поле, электрод в роли КПМ

Улучшение технологии работы ТТ

1 — 1972, а.с. СССР 344 237
Заправка ТТ, фазовый переход ж/тв

2 — 1974, а.с. СССР 449 212
Натрий, запуск ТТ, демпфирование, фазовый переход ж/тв

3 — 1975, а.с. СССР 476 419
Дозирование неконденсирующегося газа, пробки из жидкости, фазовый переход ж/тв

$ПС_1$ транспорт рабочей жидкости

1 — 1942, пат. США 2 350 348
Гоглер, главное – возврат жидкости, КПМ - спеченный порошок железа

2 — 1963, пат. США 3 229 759
Гровер, главное – поток пара, КПМ - металлическая сетка

3 — 1965, пат. Вбр. 1 118 468; 1966, пат. США 3 528 494
Продольные капилярные канавки в стенке, без фитиля

4 — 1968
Известны:
- сетки (алюминий, нержавсталь, медь, титан,…)
- войлок, волокна,
- спеченные порошки,
- канавки

4А
Войлок из полых стеклянных волокн

5 — 1968, США, Чунг; 1969, пат. Вбр. 1 275 946
Артериальные фитили

артерия

6 — 1969, США, Грей
Вращающиеся ТТ, конус, без фитиля, увеличение теплопередачи в 10

1970, пат. Вбр., 1 283 332

1971, а.с. СССР 306 321

6А — 1971, пат. США 3 753 364
Со спиральными канавками

6Б — 1972, а.с. СССР 338 762
Резьба на внутренней поверхности ТТ

7 — 1971, пат. США 3 786 861
КПМ с переменным по длине сечением капиллярных канавок

8 — 1973 а.с. СССР 381 850
Сетка, слои с уменьшенными к стенке ячейками

9 — 1983, а.с. 1 064 115
Спеченый порошок + 20-70% свободного пространства заполнено лиофильным

Поглощение ПС: аккумуляция тепла / очиститель

9А — 1974, а.с. 419 695
КПМ – трехмерная решетка, покрытая высокотеплоемким в-вом (галлий)

9Б — 1974, а.с. 520 492
Сетки, часть слоев вып. Ф-цию очистителя - геттера

10 — 1974, а.с. 418 684
КПМ, электролит, перемен. магн. поле, колеб. жидкости с уз.

11 — 1977, а.с. 616 519
Без КПМ, в жидкости ферочастицы – транспорт, колебания в зоне конденсации

12 — 1973, а.с. 399 692
КПМ, корпус, УЗ-излучатель, скорость теплопередачи увеличилась в 40-50 раз

12А — 1976, а.с. 504 051
Гидродинамический УЗ-излучатель (гибкая металлическая пластинка в паровом канале)

12Б — 1987, а.с. 1 079997
Теплопередача на большие расстояния, КПМ - участки, между ними УЗ-излучатели

13 — 1972, а.с. 357 427
Капиллярные канавки из электродов, неоднородное электрическое поле

13А — 1981, Япония
Без КПМ, электростатическое поле, увеличение теплопередачи в 100 раз

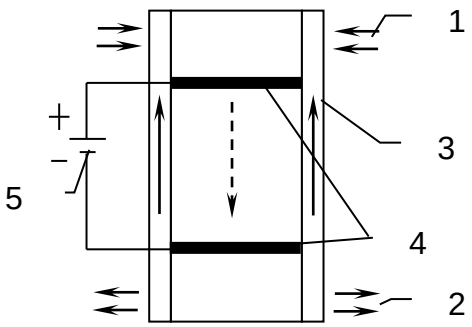
14 — 1980, СССР
Электрический ветер, коронный электрический разряд

Геометрия фитиля

Рис. 25. Развитие B_1 (рабочая жидкость) и $ПС_1$ (транспортная зона)

растворы хлоридов, хлоратов, боратов в воде (Майдоло).
При подводе тепла в зоне испарения чистый растворитель (вода) испаряется через мембрану, попадает в паровой канал, конденсируется на мембране, в зоне конденсации. Затем чистый растворитель проходит через мембрану в раствор, находящийся в канале возврата жидкости. При прохождении растворителя через мембрану возникает осмотическое давление, превышающее гидростатический напор жидкости в канале, что обуславливает течение жидкости к испарителю.
Передающая способность по жидкости в 10 раз выше, чем у систем с КПМ (осмотические силы на порядок выше капиллярных).
Этот тип ТТ до сих пор привлекает исследователей. Например, испытывается осмотическая ТТ мощностью 1000 Вт, работающая в диапазоне 20-100'С на водном растворе сахарозы (РЖ Теплотехника, 4 - 1981, 4Г 82).

<u>ТТ-67.</u> Абу-Ромия М.М. (Бруклинский политехнический институт, Нью-Йорк, 1971 г.). Электроосмотическая ТТ.

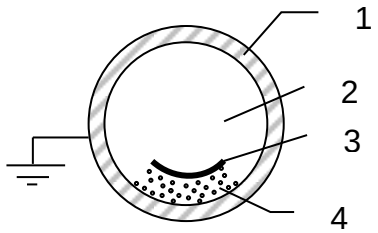


1 - зона испарения
2 - зона конденсации
3 - КПМ из спеченных стеклянных шариков
4 - пористые электроды
5 - источник тока

Рис. 26. Электроосмотическая ТТ.

Рабочая жидкость - дистиллированная вода с раствором солей калия и хлора (10^{-5} молей/литр). Разность потенциалов 20 В. Теплопередача в 3 раза выше, чем у обычных ТТ.

<u>ТТ-68.</u> Джонс Т.Б. (США, 1973 г.). Электрогидродинамическая ТТ.



1 - корпус ТТ
2 - паровой канал
3 - ленточный электрод
4 - рабочая жидкость

Рис. 27. Электрогидродинамическая ТТ.

Корпус - тонкостенный из высокоэлектропроводного материала алюминий и др.) с торцевыми колпаками из изоляционного материала (типа оргстекла). Между этими колпаками натянут тонкий ленточный электрод. Между электродом и корпусом - небольшой кольцевой канал (около 20% периметра ТТ, поэтому в зонах испарения и конденсации должен быть КПМ для распределения жидкости по всей поверхности). Диэлектрическая жидкость собирается в зоне действия электрического поля, т.е. в кольцевом канале. При испарении жидкости в зоне испарения нарушается равновесие поверхностных электромеханических сил и жидкость начинает двигаться в кольцевом канале.

<u>ТТ-69.</u> А.с. СССР 568 809 (БИ, 30-1977 г.). ТТ, содержащая вдоль оси электрод, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью расширения диапазона регулирования

теплопередающих свойств, электрод между зонами разделен изолирующей прокладкой на две части с независимым подводом напряжения и в зоне испарения имеет убывающую к прокладке площадь поперечного сечения.

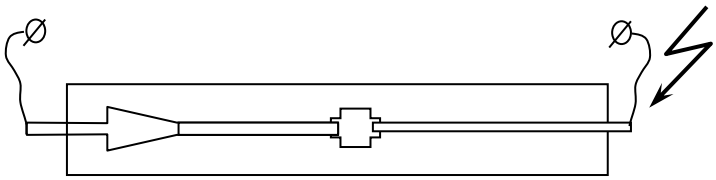


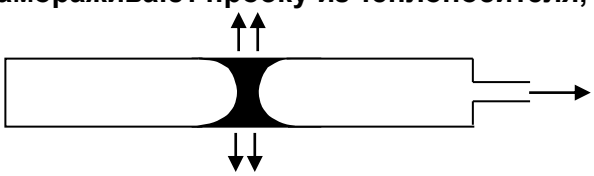
Рис. 28. ТТ с неоднородным электрическим полем.

Известны с пористым электродом (а.с. СССР 357 427), однако такое расположение электродов даст эффект, если теплоноситель - электролит. Если диэлектрическая жидкость, такая ТТ не работает.

Известны ТТ, содержащие продольные прорези в корпусе, в них изолирующие электроды (США). Разность потенциалов обеспечивает перемещение рабочей жидкости от зоны конденсации к зоне испарения. Электроды при этом находятся на расстоянии, изменяющемся по длине ТТ. Под действием разности потенциалов не создается неоднородного электростатического поля вдоль ТТ и потому не влияет на подсос теплоносителя из холодильника в испаритель.
Убывающее сечение необходимо, чтобы уменьшить межэлектродный зазор по направлению от зоны конденсации к зоне испарения.

<u>ТТ-70.</u> А.с. СССР 1 024 682 (БИ, 23-1983, с. 116). Электрогидродинамическая ТТ, содержащая высоковольтный ввод в зоне испарения и последовательно соединенного с высоковольтным резистором, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью упрощения конструкции и увеличения надежности, в корпусе вдоль его оси дополнительно установлена перфорированная диэлектрическая вставка, а высоковольтный резистор выполнен в виде обмотки микропровода, размещенной на вставке и служащий её капиллярной структурой.
2. ТТ, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что вставка выполнена с переменным поперечным сечением, уменьшающемся в направлении зоны конденсации.
3.4. Обмотка многослойная, диаметр провода увеличивается в направлении парового канала.
5. Каждый слой обмотки выполнен с различным сопротивлением.
6. В каждом слое диаметр провода уменьшается к зоне испарения.
Временное изменение фазового состояния рабочей жидкости используется для улучшения технологии заправки и запуска ТТ.

<u>ТТ-71.</u> А.с. СССР 476 419 (БИ, 25-1975 г.). Способ заполнения ТТ путем замораживания теплоносителя с последующим вакуумированием и герметизацией, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью заполнения трубы дозированным количеством неконденсирующегося газа, трубу заполняют газом под определенным давлением, на заданной длине на узком участке намораживают пробку из теплоносителя, вакуумируют, герметизируют.

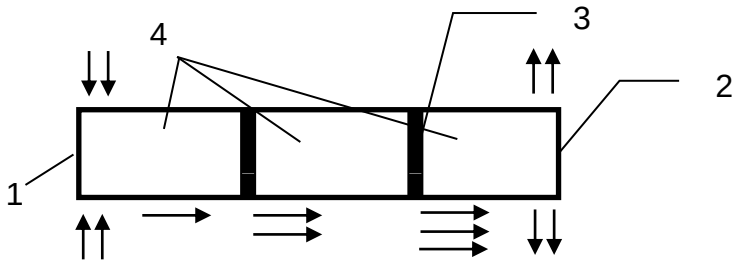


Объем участка между глухим концом и пробкой при данном давлении, соответствующему дозированному количеству газа.

Рис. 29. ТТ с замораживанием рабочей жидкости.

<u>ТТ-72.</u> А.с. СССР 344 237 (БИ, 21-1972 г.). Способ изготовления тепловой трубки. Перед герметизацией рабочее тело охлаждают до затвердевания - чтобы не было потерь (спирт, ацетон, эфир...).

<u>ТТ-73.</u> А.с. СССР 449 212 (БИ, 41-1974 г.). Тепловая труба.
Для запуска трубы и выведения на рабочий режим, перегородки выполнены из натрия. Рабочее тело - также натрий.



1 - зона нагрева
2 - зона конденсации
3 - перегородки из натрия
4 - отсеки

Рис. 30. Способ запуска натриевой ТТ.

1.5.2. Транспорт рабочей жидкости ($ПС_1$).

После формирования **моно-ТС** - *классической ТТ* - в период массового применения капиллярно-пористая структура еще имела резерв развития и какое-то время увеличение ГПФ шло за счет улучшения ее функционирования. Усиливались полезные свойства, лучше использовался объем, формировались специальные структуры КПМ (артериальные фитили, переменное сечение капиллярных каналов и др.).

Затем началось использование *физэффектов*, направленное на интенсификацию процесса возврата жидкости через КПМ. Введение новых физических принципов работы ТТ.

В дальнейшем от КПМ отказались совсем и появилось множество новых типов ТТ. Формирование *новой моно-ТС* еще не закончилось. Здесь явно заметен переход к использованию "чистых" полевых воздействий. "Старое" ***идеальное вещество*** (КПМ) исключается из ТС, как не удовлетворяющее очередным попыткам увеличения ГПФ. Использование новых полей нельзя признать идеальным решением (они требуют усложнения в надсистеме, появления новых обслуживающих их ТС). Цель их применения состоит в другом - ***в поиске новых функциональных возможностей, формирование функциональных подсистем, которые в будущем будут поглощены новым идеальным веществом***.

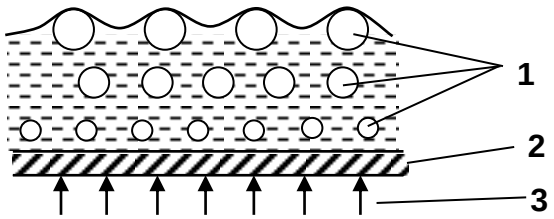
Все особенности процесса развития $ПС_1$ отражены на рис.25 и, более подробно, в последовательно расположенных информационных карточках.

<u>ТТ-74.</u> Пат. Великобритании 1 118 468 (1965 г.), Пат. США 3 528 494 (1966 г.) ТТ с продольными канавками в стенке корпуса; для улучшения тепломассообмена при использовании малотеплопроводных жидкостей.

<u>ТТ-75.</u> Пат. США 3 786 861 (1971 г.). Фитиль с параллельными продольными канавками с переменным по длине сечением: от 10 до 10 мм . Этим обеспечивается направленное движение жидкости - в сторону уменьшения сечения канавок. Фитиль имеет выемки в зонах испарения и конденсации для облегчения выхода избыточной жидкости.

<u>ТТ-76.</u> Пат. Великобритании 1 313 525 (1970 г.). Фитиль изготовляется путем охлаждения паров на стенках ТТ, получается пористый слой.

<u>ТТ-77.</u> А.с. СССР 381 850 (БИ, 22-1973 г.). ТТ с КПМ в виде нескольких сетчатых слоев различной структуры, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с щелью увеличения интенсивности теплообмена и уменьшения гидросопротивления по жидкости



1 - слои сетки образующие КПМ
2 - стенка ТТ (зона испарения)
3 - тепловой поток

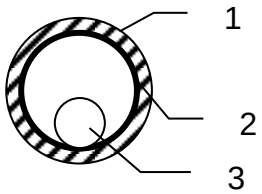
Рис. 31. КПМ с изменяющимся размером ячеек

при высоких тепловых нагрузках, слой с наименьшим размером ячеек расположен у стенок ТТ, а над ним размещены слои с постепенно увеличивающимся размером ячеек. Здесь также обеспечен направленный поток жидкости к стенкам, к источнику тепла.

<u>ТТ-78.</u> А.С. СССР 759 832. ТТ с КПМ из войлока; войлок из полых волокон бесщелочного боросиликатного стекла. Использование дополнительного объема (КПМ внутри КПМ).

См. также **ТТ-55** - введено лиофильное вещество в капиллярную структуру.

<u>ТТ-79.</u> 1. Артериальные фитили. Впервые предложены Катцофом С. (США, 1966 г.).

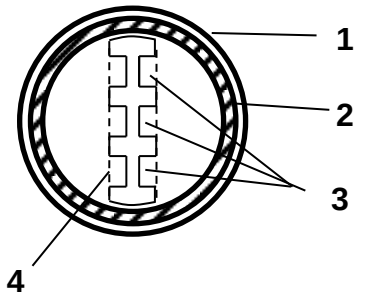


1 - корпус
2 - КПМ в зоне испарения
3 - артерия

Рис. 32. ТТ с артериальным фитилем.

Стеклянная ТТ, рабочее вещество - спирт. Назначение артерии - обеспечение транспорта жидкости от конденсатора к испарителю при небольшом перепаде давления. В отличие от транспорта по КПМ, где требуются значительно больший перепад давлений (а значит и разность температур концов ТТ), артерия работает при перепаде температур в несколько градусов. Наибольшее распространение - в космической технике, в условиях невесомости. Например, ТТ фирмы ИРД для Европейской космической организации имеет диаметр 5,25 мм, длину 1 м, перепад температур 6^{0}С, мощность 15 Вт; алюминиевый сплав, ацетон.

2. Еще один вариант ТТ с артериальными каналами, расположенными в осевом направлении.



1 - корпус
2 - КПМ
3 - каналы артерии
4 - сетка закрывающая артерию

Рис. 33. Артериальный фитиль с шестью каналами.

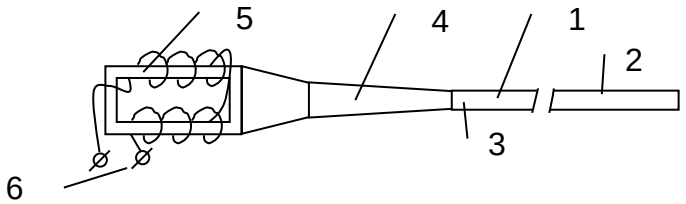
Закрытие всех шести каналов сеткой обеспечивало высокий движущий напор. Основное внимание при проектировании должно уделяться предотвращению закупорки артерии при попадании в нее газового или парового пузыря (жидкость должна быть дегазирована, артерия не должна касаться нагреваемой поверхности, обычно предусматривают несколько артерий).

3. Пат.. Вбр. 1 275 946 (1969 г.) - артериальные фитили 20 типов для ТТ в космосе.

4. Существуют также технические решения предусматривающие формирование артерий в толще КПМ обычных ТТ для обеспечения транспорта жидкости при пиковых нагрузках.

Использование ультразвукового капиллярного эффекта явилось первым применением ФЭ для интенсификации транспорта жидкости в КПМ:

<u>ТТ-80.</u> А.с. СССР 399 692 (БИ, 39 - 1973 г.). ТТ, содержащая корпус с капиллярной структурой внутри и ускоритель рабочего вещества при его циркуляции от зоны конденсации к зоне испарения и обратно, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью увеличения удельной теплоты потока, ускоритель выполнен в виде излучателя генератора УЗ-частоты, прикрепленного через акустический концентратор к корпусу преимущественно в зоне конденсации.

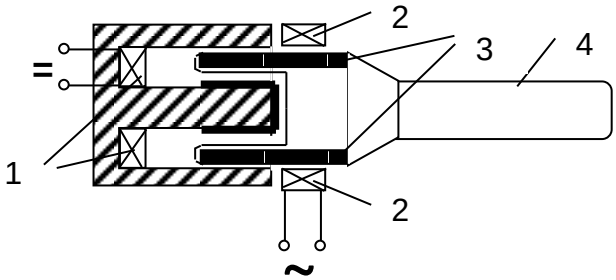


1 - корпус,
2 - зона испарения,
3 - зона конденсации,
4 - концентратор,
5 - излучатель магнитострикционного типа,
6 - клеммы к генератору УЗ

Рис. 34. ТТ с ультразвуковым капиллярным эффектом.

Скорость циркуляции рабочего вещества в КПМ возрастает в 40-50 раз, и, следовательно, величина удельной теплоемкости потока в 20-50 раз!

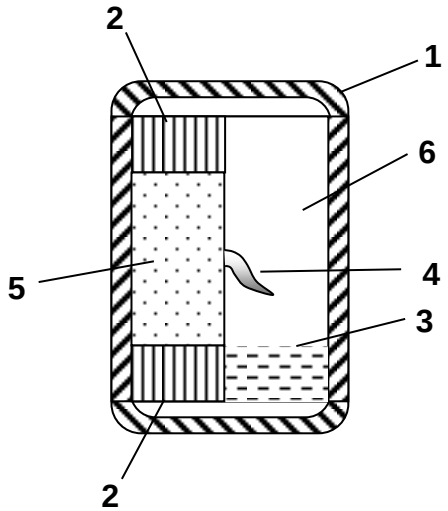
<u>ТТ-81.</u> А.с. СССР 418 684 (БИ, 9-1974 г.). Тепловая труба, содержащая снабженный постоянными магнитами корпус с электропроводной рабочей жидкостью, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью увеличения теплового потока, корпус снабжен дополнительной магнитной системой, питаемой переменным током для создания совместно с постоянными магнитами в капиллярной структуре, размещенной на внутренней поверхности корпуса, колебаний рабочей жидкости с ультразвуковой частотой.



1 - постоянные магниты
2 - дополнительная магнитная система
3 - КПМ
4 - трансформатор

Рис. 35. ТТ с ультразвуковым ускорителем (УЗ-капиллярный эффект)

<u>ТТ-82.</u> А.С. СССР 504 051 (БИ, 7-1976 г.). ТТ, содержащая корпус, КПМ, паровой канал, в котором размещен источник вибрационных колебаний, отличающаяся тем, что с целью повышения эффективности тепломассопереноса, источник вибрации выполнен в виде изогнутой металлической пластинки и прикреплен к наполнителю.



1 - корпус
2 - КПМ в зонах испарения и конденсации
3 - жидкий теплоноситель
4 - источник вибрации в паровом канале
5 - наполнитель
6 - паровой канал

Рис. 36. ТТ с гидродинамическим УЗ-вибратором в паровом канале

КПМ выполнен из упругого материала или содержит секцию 5 из такого материла.
Пар движется, создавая турбулентные потоки, под действием которых пластинка вибрирует, колебания от нее передаются жидкости и КПМ (2, 5). Размеры пластинки подбираются так, чтобы генерируемая частота находилась в УЗ области.

<u>ТТ-83.</u> А.с. СССР 1 079 997. Тепловая труба по а.с. СССР 682 750, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения теплопередающей способности при передаче теплового потока на большие расстояния, вне зоны испарения капиллярная структура разделена на участки, между которыми корпус выполнен с карманами, заполненными теплоносителем, в которых установлены дополнительные излучатели ультразвуковых колебаний,. образующие капиллярные зазоры с торцами участков капиллярной структуры, расположенных со стороны зоны испарения.

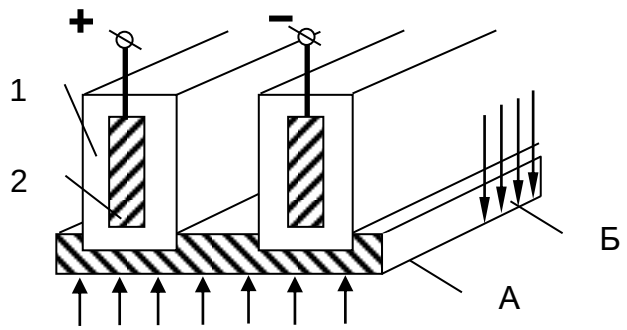
Затем последовало применение электроосмоса, магнитного и электростатического полей. Применение сильных полевых воздействий позволило вовсе исключить КПМ из системы.

Электроосмотические ТТ см. ТТ-67.

<u>ТТ-84.</u> А.с. СССР 616 519 (24.02.77 г.). Способ работы тепловой трубы путем замкнутой циркуляции неэлектропроводного теплоносителя, между зонами конденсации и испарения, приводимого в движение диспергированными в теплоносителе магнитовосприимчивыми частицами, на которые воздействуют внешним вращающимся вокруг оси трубы магнитным полем, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью интенсификации теплопереноса при одновременном обеспечении его регулирования, воздействие магнитного поля осуществляют в зоне конденсации, а магнитовосприимчивые частицы отделяют от теплоносителя на выходе из этой зоны.

Т.е. магнитное поле сначала используется для транспорта жидкости, затем для интенсификации теплопереноса и регулирования теплопередачи.

<u>ТТ-85</u> А.с. СССР 357 427 (БИ, 33-1972 г.). Тепловая трубка с продольными прорезями на внутренней поверхности, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью интенсификации теплообмена, в прорезях размещены изолированные электроды, к которым приложена разность потенциалов.
2. Для снижения потребляемой мощности, электроды установлены друг относительно друга на расстоянии изменяющемся по длине трубки.



1 - изолирующая оболочка
2 - электроды

Рис. 37. Транспорт жидкости в неоднородном электрическом поле

Жидкость изменяет агрегатное состояние. При подводе тепла к зоне А испаряется жидкость, пар удерживается в каналах между электродами капиллярными силами. Под действием разности потенциалов жидкость интенсивно перемещается от зоны Б к зоне А. Без электрического поля и капиллярного эффекта жидкость скапливается на участке конденсации.

<u>ТТ.-86.</u> ТТ с электрическим возвратом жидкости (Япония, РЖ Теплотехника, 3-1981, реферат 3Г 83). Исследована ТТ с теплоносителем - смесь хладона и кремнийорганического масла; указывается, что возврат жидкости в зону испарения за счет электростатического поля в диапазоне температур от комнатной до точки плавления металлов обеспечивает эффективную теплопроводность в 100 раз больше, чем у ТТ с возвратом под действием капиллярных сил. Открывается возможность создания ТТ большой мощности.

Электростатические ТТ см. карточки **ТТ-68, 69, 70.**

Электростатическое поле предложено также использовать для определения характеристик КПМ.

<u>ТТ-87.</u> А.С. СССР 1 022 799 (29.07.81). Способ определения максимального капиллярного напора тепловой трубы путем создания в жидкости, заключенной внутри капиллярной структуры, перепада давления с постепенным увеличением до величины нарушения сплошности в капиллярной структуре, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью расширения технологических возможностей способа по температурному интервалу, перепад давления создают с помощью электромагнитных сил, измеряют вольтамперную характеристику устройства, создают эти силы и по излому последней судят о нарушении сплошности жидкости.

1.5.3.Транспорт пара (ПС$_2$).

Работа транспортной зоны ТТ (парового канала) основана на разности давлений между горячим и холодным концами трубы. Скорости движения пара могут варьироваться в широком диапазоне в зависимости от свойств выбранной жидкости и рабочих температур. Уже в классической ТТ осевые скорости приближались к звуковому пределу, т.е. полезная функция этой подсистемы выполнялась на пределе исчерпания физического принципа работы ТТ.
Поэтому дальнейшее развитие ПС$_2$ ограничивалось исключением вредных связей между ПС$_1$ и ПС$_2$ (унос жидкости с поверхности фитиля) и улучшением условий тепломассообмена в зонах испарения и конденсации (Рис. 38).

<u>ТТ-88.</u> Пат. США 3 568 762 (1967 г.). Паровой канал выполнен в виде трубки - отделен от потока жидкости для предотвращения срыва и уноса капель

См. **<u>ТТ-40</u>** - паровой канал также отделен от жидкости.

тепловая труба
р а з в и т и е

$ПС_2$ транс-порт пара

1 → 2 → 3 → 4 → 5

1	2	3	4	5
1967, пат. США 3568762	**1973, а.с. СССР 363844**	**1971, а.с. СССР 313040, 313041**	**1981, а.с. СССР 1027501**	**1979, а.с. СССР 822610**
увеличение скорости пара, предотвращение срыва и уноса капель, $ПС_2$ отделена от $ПС_1$	то же, но без КПМ	интенсификация теплообмена, полый шнек (закрутка паров)	то же, полый шнек + ленточная спираль (может быть из КПМ)	радиоактивный источник для ионизации пара + электрическое поле (электрогидродинамическая ТТ)

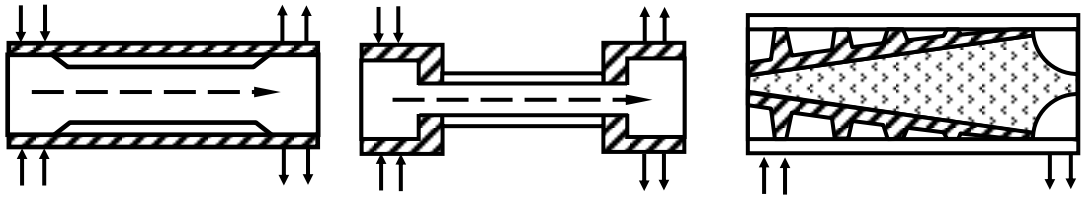
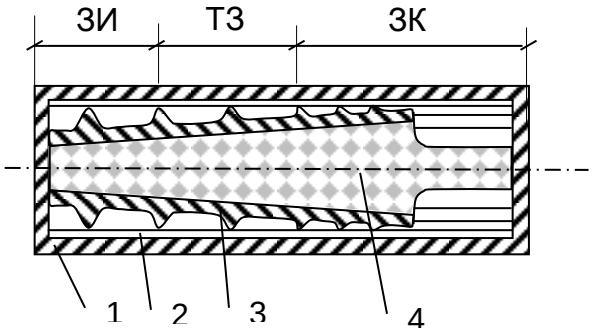


Рис. 38. Развитие подсистемы транспорта пара

<u>ТТ-89.</u> А.с. СССР 313 040 и 313 041 (БИ, 26-1971 г.). Тепловая труба о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью интенсификации теплообмена в трубу помещен полый открытый с торцов шнек в виде усеченного конуса с переменным шагом закрутки ребер, уменьшающимся от зоны испарения к зоне конденсации.



ЗИ- зона испарения
ТЗ - теплоизолированная транспортная зона
ЗК - зона конденсации
1 - корпус
2 - КПМ в виде пакета сеток или брусков из пористой нержавеющей стали
3 - полый открытый с торцов шнек из полимера
4 - пористый вкладыш из металлокерамики или спрессованной стружки

Рис. 39. Интенсификация теплообмена путем закрутки потока.

<u>ТТ-90.</u> А.с. СССР 781 524. ТТ - с целью интенсификации теплообмена в паровом канале установлена вставка, отверстия в которой выполнены радиально, а их оси - по касательной.

Решения в **ТТ-89, 90** являются обычными для области тепломассообменной аппаратуры, насчитывающей сотни приемов интенсификации процессов обмена, в том числе, закрутку потоков паров с малыми гидравлическими потерями.

<u>ТТ-91.</u> А.с. СССР 1 027 501 (БИ, 25-1983, с. 139). Тепловая труба с зонами испарения и конденсации содержащая частично заполненный жидким рабочим телом корпус, по оси которого установлен шнек, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью интенсификации теплообмена и массообмена в корпусе дополнительно установлена ленточная спираль, укрепленная на внутренней поверхности и образующая винтовой жидкостный канал, причем сумма углов подъема витков спирали и шнека составляет 10^0 - 80^0
2. … Шнек и спираль выполнена с противоположно направленными (в зоне испарения сумма углов подъема витков спирали и шнека равна 45^0).
3. … спираль выполнена из пористого материала.
4. … спираль выполнена с переменным шагом по длине корпуса, уменьшающимся в направлении зоны испарения.

1.5.4. Корпус (B_2).

Корпус ТТ оказывает наименьшие влияние на увеличение ГПФ. Функция пограничного слоя - служить надежной изоляцией для внутренней среды ТС от воздействий внешней среды. Главное требование к B_2 - механическая прочность и хорошая теплопроводность в зонах теплообмена (минимальное термическое сопротивление). Снижение теплопотерь в окружающую среду через транспортную зону является малозначительным показателем, т.к. скорость такого рассеивания тепла на несколько порядков ниже осевой

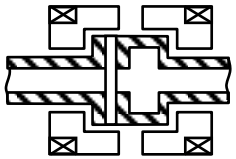
скорости теплопередачи в ТТ.

тепловая труба
р а з в и т и е

B_2 корпус

1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8

1	2	3	4	5	6	7	8
1977, а.с. СССР 566087	**1969, США, RCA**	**1970, пат. Вбр. 1327794**	**1970, США Бинерт**	**1973, а.с. СССР 410422**	**1983, а.с. СССР 1020548**	**1974 , а.с. СССР 504049**	**1983, а.с. СССР 1020130**
шарнир, ТТ-выключатель, электромагн	гибкая транспортная зона в ТТ, изгиб до 90^0, вибрация до 10 Гц	гибкая зона испарения (полимерная пленка), охлаждение электронных приборов	гибкая зона конденсации (холодный резервуар), из двух сильфонов	полностью гибкая ТТ - автопокрышка	арматурный элемент в виде изогнутой ТТ, для увеличения степени теплового расширения	корпус из нитинола	исключение B_2, пожаротушение пористыми гранулами с жидким охлаждающим теплоносите

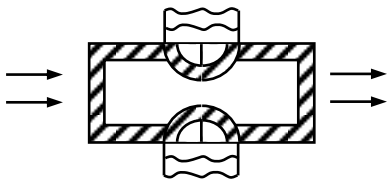


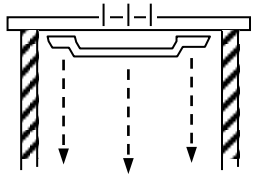
1965, США, Уэйт

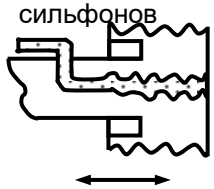
сильфон в транспортной зоне

1973, а.с. СССР 386219

то же

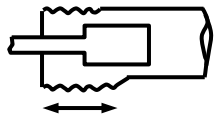






1976, а.с. СССР 492712

зона конденсации - силь-фон + вторая ТТ



1984, а.с. СССР 1076637

лопатки центробежного насоса

Рис. 40. Развитие корпуса тепловой трубы

Изменения B_2 полностью зависели от требований надсистемы, в которой работала ТТ (Рис. 40). Характер этих изменений отвечает процессу динамизации ТС: жесткий корпус, шарнир, гибкий, использование теплового расширения, нитинол.

Информационные карточки отнесены к другим разделам, поэтому ниже приведено лишь их краткое упоминание:

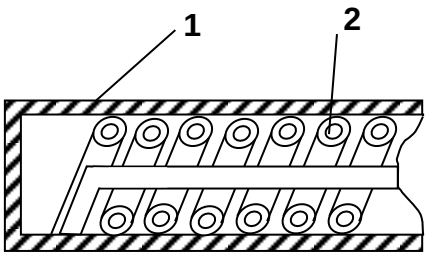
ТТ - 100 - корпус из двух половинок, шарнир;
ТТ - 39 - гибкая транспортная зона;
ТТ - 109 - сильфон в транспортной зоне;
ТТ - 31 - гибкая зона испарения (полимерная пленка);
ТТ - 113 - гибкая зона конденсации (сильфон - холодный резервуар);
ТТ - 114 - гибкая зона конденсации (сильфон связанный со второй ТТ);
ТТ - 57 - полностью гибкая ТТ (автопокрышка);
ТТ - 28 - лопатки центробежного насоса;
ТТ - 58 - арматурный элемент;
ТТ - 63 - корпус из нитинола;

ТТ-92. А.с. СССР 504 049. Тепловая труба…, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения компактности тепловой трубы в период отсутствия теплового потока, корпус выполнен из сплава титан-никель и имеет в холодном состоянии изогнутую форму, например, волнообразную, а в рабочий период при разогреве трубы - прямолинейную.

1.5.5. Зоны теплообмена ($ПС_3$)

Работа зон теплообмена непосредственно связана с функционированием $ПС_1$ и $ПС_2$. Основное направление усовершенствований - улучшение условий тепломассообмена (Рис.42).

ТТ-93. А.с. СССР 422 925 (БИ: 7-1975г.). Тепловая труба о т л и ч а ю щ а я с я тем, что с целью повышения эффективности массообмена, внутри корпуса введен еще один охлаждающий элемент (КПМ располагается на его поверхности).



1 - корпус,
2 - дополнительный охлаждающий элемент (змеевик)

Рис. 41. ТТ с дополнительной подсистемой в зоне конденсации

ПС$_3$

тепло-обмен (зоны испарения и конденсации)

тепловая труба
р а з в и т и е

1 → 2 → 3 → 4

1974, а.с. СССР 422925

в зону конденсации для ускорения охлаждения введена дополнительная ПС с КПМ на наружной поверхности

1984, а.с. СССР 1071919

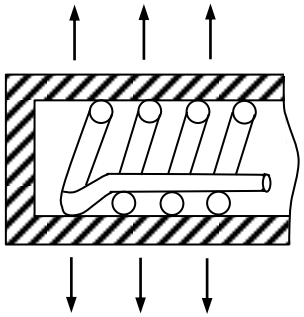
в зоне конденсации вместо КПМ – теплообмен-ное устройство, содержащее лопатки и спираль для ускорения тепломассобмена

1975, а.с. СССР 461283

коллоидные феррочастицы в КПМ + магнитное поле, интенсификация в зонах испарения и конденсации, борьба с кризисом кипения при больших тепловых нагрузках

1980, а.с. СССР 765634

электроосмотическая ТТ, для увеличения теплопередачи в зонах испарения и конденсации - система пористых элек-тродов и пластин



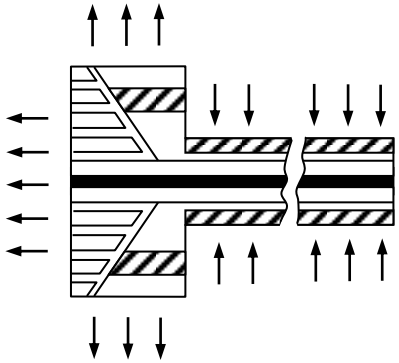
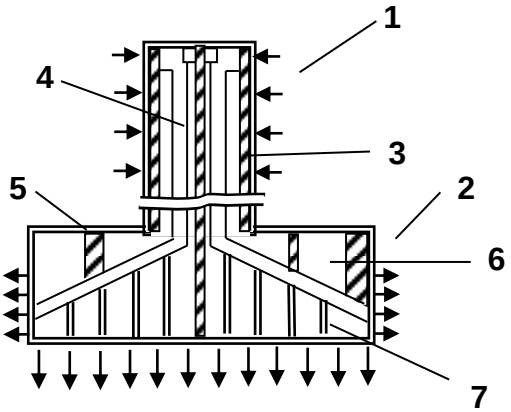


Рис. 42. Развитие зон теплообмена

<u>ТТ-94.</u> А.с. СССР 1 071 919 (БИ, 5-1984, с. 133). ТТ с зонами испарения и конденсации, содержащая корпус с капиллярной структурой и центральной артерией, выполненными за одно целое из металлической сетки, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения термодинамической эффективности, зона конденсации выполнена с увеличенным диаметром в виде диска, разделенной поперечной перфорированной перегородкой на камеры, верхняя из которых снабжена системой серповидных лопаток, обращенных узким концом к центру, а нижняя - плоской ленточной спиралью.



1 - зона испарения
2 - зона конденсации
3 - корпус с капиллярной структурой
4 - центральная артерия
5 - диск
6 - верхняя камера
7 - нижняя камера

Рис. 43. Зона конденсации с теплообменной системой

<u>ТТ-95.</u> А. с. 461 283 (БИ, 7-1975 г.). Способ работы тепловой трубы с пористым фитилем путем замкнутой циркуляции неэлектропроводного теплоносителя между зонами испарения и конденсации под воздействием внешнего перпендикулярного к оси трубы магнитного поля, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью создания в пористом фитиле наведенной конвекции жидкого теплоносителя, в последний добавляют мелкие магнитовосприимчивые частицы, например в виде коллоидного раствора, а воздействие магнитного поля осуществляют в зонах испарения и конденсации. Наличие феррочастиц в жидкости способствует энергичному перемешиванию теплоносителя в фитиле под воздействием магнитного поля. Наведенная магнитоконвекция позволяет сдвинуть наступление кризиса кипения жидкости в сторону больших тепловых потоков. Частицы в 10 раз меньше размеров пор.

<u>ТТ-96.</u>Электрокинетическая ТТ (РЖ Теплотехника, 5-1981, 5Г 120 П). ТТ с устройством для электроосмотического перемещения жидкости. Для повышения теплопередачи КПМ выполнено в испарительной и конденсационной зонах с осевыми артериями и радиальными перегородками.
Устройство для электроосмотического перемещения выполнено в виде системы пористых электродов и пластин с продольными пазами (в конденсационной зоне), а конденсатопровод в виде камеры и гибкой трубки, размещенных по оси транспортной зоны.

<u>ТТ-97.</u> А.с. СССР 992 997 (БИ, 4-1983, с. 199). Антигравитационная тепловая труба...., о т л и ч а ю щ а. я с я тем, что, с целью повышения надежности в зоне конденсации эластичные стенки с магнитовосприимчивыми частицами внутри последних.

1.6. Период появления и развития полезно-функциональных подсистем.

1.6.1. Выявление новых функций и обеспечение их дополнительными подсистемами.

Надсистемные требования, предъявляемые к ТТ при их использовании в других технических системах, носят самый разнообразный характер. Множество частных требований, выдвигаемых конкретными ТС, видоизменяют ТТ в ту или иную сторону (см. раздел 1.4).
Но среди этого множества требований выделились два наиболее общих, характерных для большинства ТС:

- *направленная теплопередача,*
- *регулируемая теплопередача.*

Эти новые потребности должны быть обеспечены ***дополнительными полезными функциями,*** а значит в ТТ должны появиться ***дополнительные подсистемы.***

Интересна взаимосвязь новых ПФ со свойствами классической ТТ. Напомним основные особенности ее функционирования.

1. В ТТ осуществляется равнопотенциальная теплопередача, т.е. плотность теплового потока (теплопередача через единицу площади) в зоне испарения должна быть равна плотности теплового потока в зоне конденсации. Т.е. приток тепла не должен превышать величину его стока (см. раздел 1.1.). Площадь зоны конденсации в классической ТТ неизменна, поэтому она и лимитирует мощность источника тепла.
2. Зоны теплообмена в классической ТТ абсолютно одинаковы, поэтому ТТ безразличны к направлению теплопередачи - она может идти в обе стороны. Т.е. если источник и сток теплоты поменяются местами, то ТТ будет работать также эффективно.
3. Теплопередача в классической ТТ нерегулируемая: нельзя по желанию изменить мощность теплопередачи в работающей трубе.

Можно предложить такую обобщенную формулировку <u>классической ТТ</u>: *это такая ТТ, в которой осуществляется нерегулируемая равнопотенциальная теплопередача в обе стороны.*

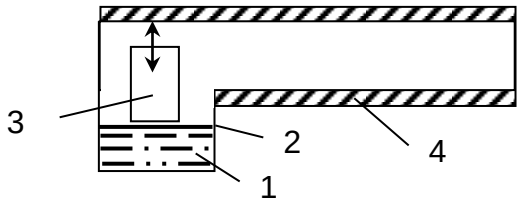
Новые ПФ как бы отрицают эти свойства: *теплопередача должна быть регулируемой, неравнопотенциальной, в одну сторону.*

1.6.1.1. Тепловые выключатели и диоды.

Во многих областях техники (в частности в криогенной) <u>теплопередача должна идти в одном направлении</u> (режим теплового диода), перенос теплоты в обратном направлении должен быть исключен. Для обеспечения однонаправленной теплопередачи существует несколько возможностей, чтобы зона конденсации не превратилась в зону испарения: выключение или экранирование ТТ в целом, перекрытие парового канала, выключение фитиля.

Все эти возможности были реализованы в процессе синтеза тепловых диодов (Рис. 59).

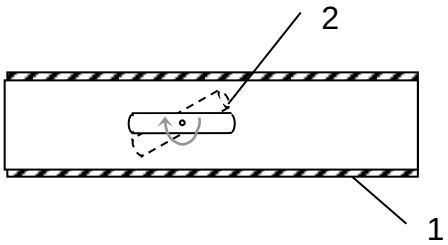
<u>ТТ-98.</u> Тепловые выключатели.
Брест 0., Шуберт К.П. (1973 г.):



1 - рабочая жидкость
2 - бесфитильный резервуар
3 - вытеснитель (магнитный привод)
4 - КПМ (фитиль)

Рис. 44. Тепловой выключатель

Эддлетон В.Н., Хекс К. (1973 г.):
Выключатель с заслонкой (магнитный привод) в паровом канале.



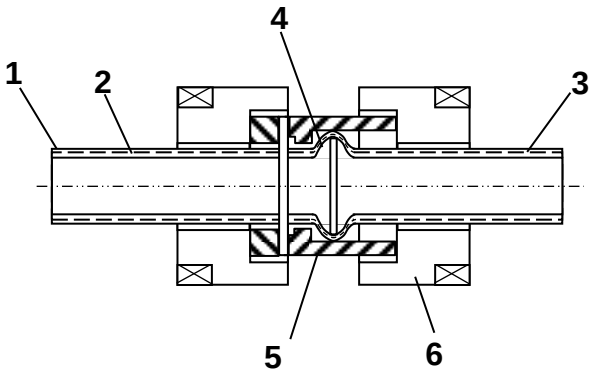
1 - корпус
2 - заслонка

Рис. 45. Тепловой выключатель с заслонкой

См. **ТТ-48** - термоконтактор в виде тора с парафином.

<u>ТТ-99.</u> Райс Ж. (1975 г.). Для отключения ТТ замораживают рабочую жидкость с помощью термоэлектрического охладителя.

<u>ТТ-100.</u> А.С. СССР 566 087 (БИ, 27-1977 г.). Тепловой выключатель.



1 - корпус
2,3 - трубка с капиллярной структурой стенок, из двух частей
4 - эластичный участок трубки в виде гофра
5 - магнитное кольцо
6 - электромагнит

Рис. 46. Тепловой выключатель с разъемом

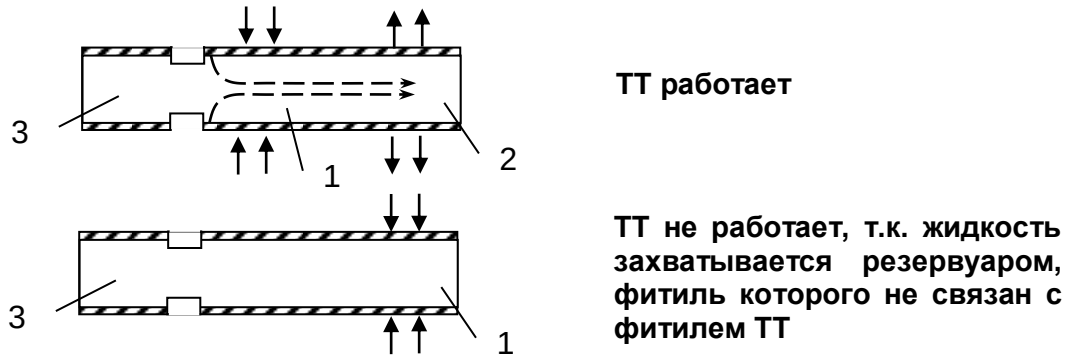
ТТ с регулируемым сопротивлением, содержащая установленную в герметичном корпусе трубку капиллярной структуры, имеющую поперечный

разъем с изменяемым зазором, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения надежности, по крайней мере один из концов трубки в разъеме выполнен эластичным в продольном направлении, например, в виде поперечного гофра, на нем укреплено кольцо из магнитного материала, а снаружи корпуса - электромагнит для управления величиной зазора в разъеме.
На рис. 46 капиллярная система разомкнута; при перемещении кольца 5 с эластичным участком 4 в крайнее левое положение - капиллярная система включается.

<u>ТТ - 101.</u> Пат. США 3 700 028 (1970 г.). Тепловой диод. Фитиль в зоне конденсации не доходит до стенки, т.е. эта зона не может быть испарительной.

<u>ТТ-102.</u> Пат. США 3 587 725 (1968 г.). Тепловой диод. В зоне испарения фитиль имеет большую толщину, чем в других зонах.

<u>ТТ-103.</u> Тепловые диоды. Киркпетрик Д.Н. (1973 г.)
а) с захватом жидкости.



1 - испаритель, 2 - конденсатор, 3 - резервуар

Рис. 47. Тепловой диод с захватом жидкости

б) с блокадой жидкости

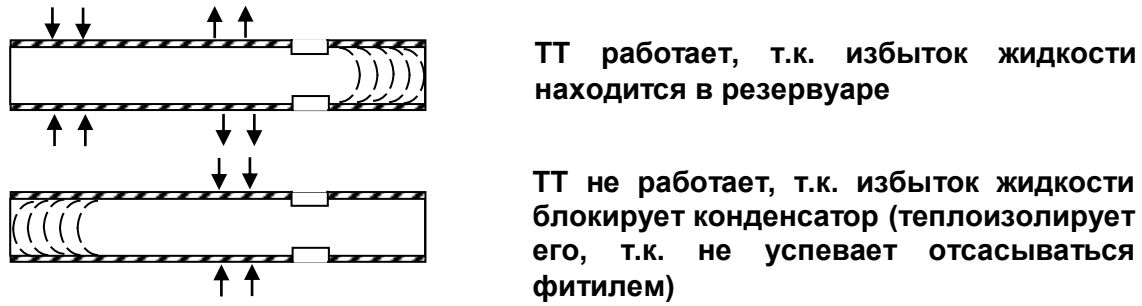


Рис. 48. Тепловой диод с блокадой жидкости

<u>ТТ-104.</u> А.с. СССР 1 028 998 (БИ, 26-1983, с. 131). ТТ, герметичный корпус с зонами испарения и конденсации и центральная трубчатая вставка с

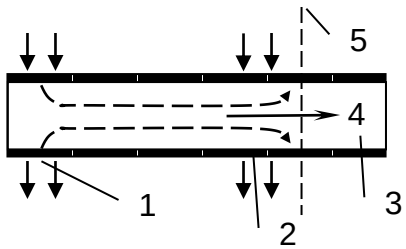
расширяющимся концевым участком, контактирующим с капиллярной структурой, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью обеспечения термодиодного эффекта - вставка расширяющимся участком обращена в сторону зоны конденсации с образованием между этим участком и торцевой стенкой сопла,
2. ... сопло выполнено сужающимся.
3. ... торцевая стенка зоны конденсации расположена под углом к оси корпуса.

1.6.1.2. ТТ переменной проводимости.

Проблема регулирования (или саморегулирования) теплопередачи в ТТ связана с довольно часто встречающейся потребностью поддерживать постоянной температуру источника тепла, т.е. отводить в каждый момент времени ровно столько излишков тепла, сколько их выделяется на источнике. В терминах ТРИЗ создание такой ТТ - это **переход от статичной ТС к динамичной.**

В классической ТТ зона испарения принимает температуру источника тепла, а зона конденсации - температуру среды, отводящей тепло. Если повышать температуру источника (предел увеличения - термическая стойкость рабочей жидкости), то может наступить кризис кипения; если понижать температуру охлаждающей среды (предел понижения - точка замерзания рабочей жидкости), то ТТ из режима теплопередачи перейдет в режим "отсоса" тепла от источника, температура которого будет понижаться. Таким образом, соответствующее понижение температуры конденсатора (при внезапном повышении температуры источника), это один из возможных способов регулирования теплопередачи в ТТ. Однако такой способ практически трудно осуществим и поэтому развитие ТТ пошло иным путем.

ТТ-105. Уэйт Т. (ун-т Дж. Хопкинса, США) в 1965 г. при проведении экспериментов с ТТ для спутника обнаружил новое явление: блокирование части поверхности конденсатора неконденсирующимся газом (водородом), выделившимся при работе ТТ (натрий - нержавеющая сталь).
Само по себе выделение неконденсирующихся газов внутри работающей ТТ является следствием ВПФ–несовместимости материалов. С этим нежелательным явлением для обычных ТТ борются различными способами: подбором совместимых материалов, протравливанием корпуса, очисткой жидкости, вакуумированием и т.д. Заслуга Т. Уэйта в том, что он обратил внимание на новое свойство: неконденсирующийся газ уносился из зоны испарения в зону конденсации, где блокировал (отключал) часть поверхности теплообмена. При этом достигалось некоторое равновесное состояние:



1 - зона испарения,
2 - отвод тепла,
3 - зона неэффективной (блокированной) конденсации,
4 - газ (водород),
5 - граница раздела пар-газ

Рис. 49. Эффект неконденсирующихся газов в ТТ

Дальнейшее исследование показало, что между паром и газом существует

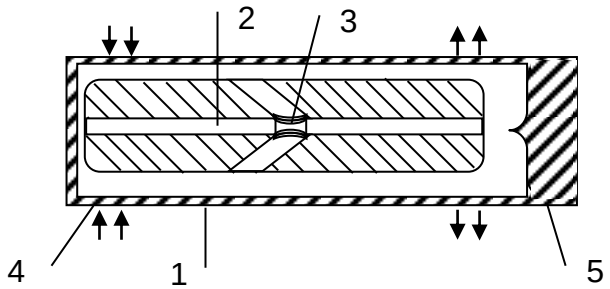
резкая граница раздела; в зоне, блокированной газом, прекращается всякая передача теплоты; граница раздела перемещается вдоль трубы в зависимости от давления паров (т.е. температуры в зоне испарения). Причем перемещение границы очень чувствительно к температуре; например, давление паров натрия при 800^{0}С изменяется пропорционально десятой степени температуры! Т.е. даже небольшое изменение температуры источника приводит к быстрому изменению площади зоны конденсации. Был сделан вывод о возможности регулирования ("газового регулирования") температуры источника теплоты.
Современные ТТ позволяют изменять мощность теплопередачи в больших пределах.

Несмотря на то, что этот высокоэффективный способ регулирования ТТ был найден уже через год после появления ТТ Гровера, процесс заполнения "промежуточных" точек на плавной кривой развития (от обычной ТТ к ТТ переменной проводимости) продолжается и по сей день. Наиболее характерные точки отражены в последовательно расположенных информационных карточках. Продолжается также процесс развития газорегулируемых ТТ.

ТТ-106. Пат. США 3 603 382 (1969 г.). ТТ - трансформатор теплового потока (см. также ТТ-59 и ТТ-48). Радиальная теплопередача, ТТ в виде кольца. Внутренняя кольцевая стенка - испаритель, внешняя - конденсатор. Это простейший способ увеличения площади зоны конденсации.

ТТ-107. Пат. Великобритании 1 222 310 (1969 г.). Способы регулирования потоков жидкости в ТТ; вентили, полностью заполненные фитилем пространства (перетекает только жидкость) и др. Используется в терморегуляции скафандров.

ТТ-108. А.С. СССР 503 116 (БИ, 6-1976 г.). Тепловая труба, содержащая герметичный корпус и установленный в нем с кольцевым зазором цилиндрический канал с сопловым участком, о т л и ч ю ю щ а я с я тем, что, с целью обеспечения непропорционального регулирования теплового потока, вкладыш выполнен разъемным, а сопловый участок образован разрезной двухслойной втулкой из материалов с различными коэффициентами теплового расширения, закрепленной одним концом в месте разъема вкладыша и имеющей возможность скольжения другим концом по стенке канала.



1 - корпус
2 - цилиндрический канал
3 - двухслойная втулка из биметалла
4 - зона испарения
5 - зона конденсации

Рис. 50. ТТ с биметаллическим соплом в канале.

ТТ-109. А.с. СССР 386 219 (БИ, 26-1973 г.). ТТ, содержащая корпус с КПМ и устройство для термостатического регулирования, о т л и ч в ю щ а я с я тем,

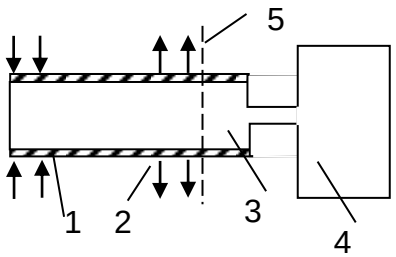
что, с целью повышения точности регулирования, корпус в средней части имеет поперечный разъем. Устройство для термостатического регулирования выполнено в виде сильфона, жестко соединенного с обеими частями корпуса.
2. ... внутренняя полость сильфона заполнена материалом расширяющимся при затвердевании (парафином).
3. ... полость сильфона по напорной линии подключена к источнику давления, на линии установлен клапан, управляемый термодатчиком из зоны нагревания.
5. ... полость сильфона заполнена газом и порошковым адсорбентом, (активным углем).

После появления газорегулируемой ТТ начался поиск газа (или смесей газов) наиболее совместимого с веществами ТС. Водород, с которым было связано открытие нового эффекта, оказался самым неподходящим газом - он хорошо растворяется практически во всех металлах, вызывая водородную коррозию.

<u>ТТ-110.</u> Пат. США 3 525 386 (1969, Гровер). Предложено использовать инертный газ для изменения объема конденсатора.

Для расширения диапазона изменения мощности теплопередачи в газорегулируемой ТТ Уэйта потребовалось бы большое количество газа, а следовательно увеличение размеров ТТ. Первым усовершенствованием этой трубы явилось включение в техническую систему новой подсистемы - специального резервуара для хранения газа.

<u>ТТ-111.</u> Пат. США 3 613 773 (1971 г.). ТТ переменной проводимости с резервуаром для хранения инертного газа со стороны зоны конденсации. Резервуар холодный, без фитиля.

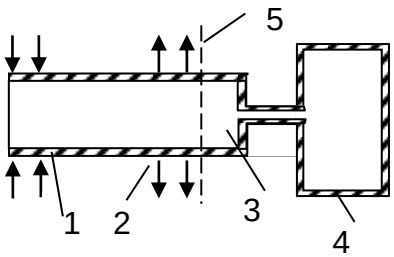


1 - подвод тепла
2 - отвод тепла
3 - блокированная часть конденсатора
4 - холодный резервуар
5 - граница раздела пар-газ.

Рис. 51. ТТ с аккумулятором инертного газа

Резервуар (аккумулятор газа) добавлен для обеспечения более тонкого регулирования температуры пара. Кроме того, резервуар мог легко отключаться вентилем, установленным на соединительном патрубке.

Однако уже в первых экспериментах исследователи столкнулись с проблемой диффузии паров рабочей жидкости в резервуар и их конденсации. Для обеспечения возврата конденсата пришлось снабдить фитилем и резервуар.

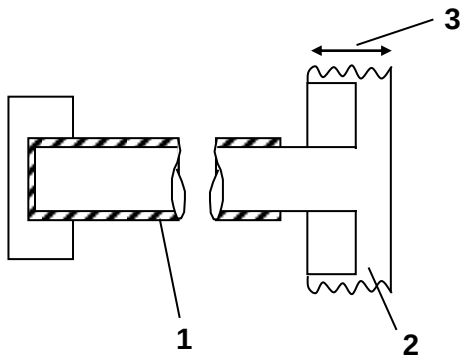


1 - подвод тепла
2 - отвод тепла
3 - блокированная часть конденсатора
4 - холодный резервуар
5 - граница раздела пар-газ

Рис. 52. ТТ с резервуаром покрытым изнутри КПМ

<u>ТТ-112.</u> ТТ переменной проводимости с холодным резервуаром (Коссон Р. и др., 1973 г.). Мощность 1,2 кВт, длина с резервуаром - 2 м, диаметр - 25 мм Рабочая жидкость - аммиак, газ - азот. КПМ с артериальным фитилем - большая передающая способность по жидкости. В артерии обеспечивалось переохлаждение жидкости для уменьшения размеров пузырьков газа и его поглощения.

Для дальнейшего расширения диапазона регулирования потребовалось смягчить резкое реагирование положения границы пар-газ на изменение температуры. Было предложено выполнять резервуар гибким (с изменением объема) - в виде сильфона.



1 - тепловая труба,
2 - резервуар в виде сильфона,
3 - изменение объема резервуара

Рис. 53. ТТ с резервуаром в виде сильфона

Но в сильфон нецелесообразно вводить фитиль для возврата конденсата, поэтому в соединительном патрубке появилась полупроницаемая перегородка (мембрана): пропускает газ и не пропускает пар и жидкость.

Другое техническое решение этой проблемы предложил Уэйт: снабдить сильфон электрообогревателем и поддерживать в нем температуру на 1^0С выше фазового перехода жидкость - пар, предотвращая тем самым конденсацию попавшей туда жидкости; сильфон топлоизолирован от окружающей среды. Электрообогрев и теплоизоляция позволили бы также исключить вредное влияние изменений температуры окружающей среды, вызывающие довольно сильные скачки давления газа и нарушающие работу ТТ.

<u>ТТ-113.</u> Холодный резервуар в виде сильфона с механическим изменением объема (Тернер Р.К., 1969 г.). Предложено механическое перемещающее устройство для регулирования положения сильфона между двумя точно заданными точками. Недостатки: потребность в электроэнергии для привода, отказы, увеличение веса.

Но главным недостатком этого устройства было, конечно, участие человека в регулировании: перемещение рычага или подача команды исполнительному органу.

Следующим шагом в развитии было введение принципа обратной связи: сначала механической, затем электрической.

<u>ТТ-114</u>. ТТ переменной проводимости с холодным резервуаром - сильфоном

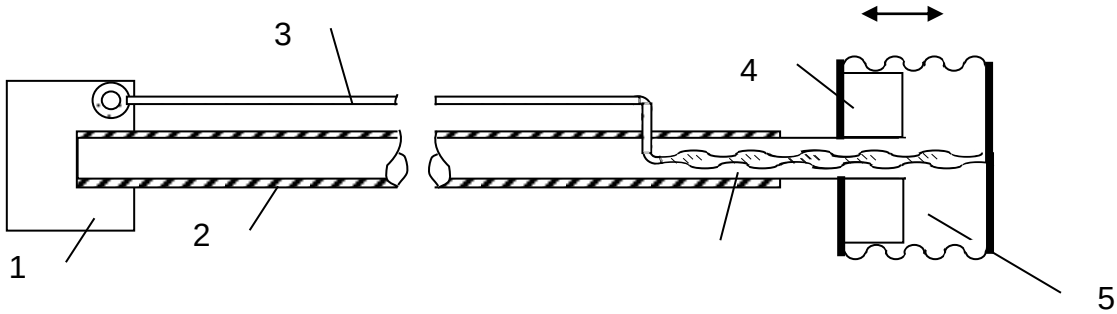


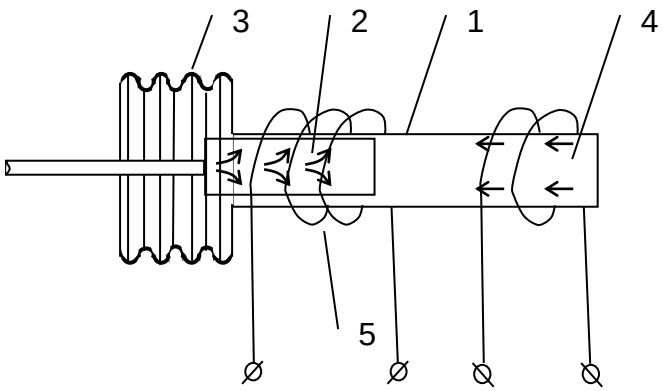
Рис. 54. ТТ переменной проводимости с механической обратной связью

1 - источник теплоты, 2 - фитиль, 3 - вспомогательная жидкость,
4 - втулка (вытеснитель), 5 - неконденсирующийся газ

(Бинерт У. и др., 1970 г.).
Последовательность работы подсистем:
- изменение температуры источника теплоты,
- изменение давления вспомогательной жидкости,
- перемещение внутреннего сильфона,
- перемещение основного сильфона,
- вытеснение - втягивание газа из (в резервуар),
- изменение положения границы пар-газ,
- изменение теплопередачи ТТ.
Достигнута высокая точность регулирования : ±4^{0}С.

См. также **ТТ-64** (А.с. СССР 408 114).

<u>ТТ-115.</u> А.с. СССР 492 712 (БИ, 43-1976 г.). Теплопередающее устройство, отличающееся тем, что, с целью регулирования создаваемого перепада температур, к полости основной трубы присоединен сильфон, к днищу которого жестко прикреплена дополнительная тепловая труба, установленная с возможностью осевого перемещения в основной трубе.



1 - основная труба
2 - дополнительная труба
3 - сильфон
4 - зона конденсации
5 - зона испарения

Рис. 55. ТТ переменной проводимости с дополнительной тепловой трубой

<u>ТТ-116.</u> А.с. СССР 1 032 322 (БИ, 28-1983, с. 168). Коаксиальная ТТ, содержащая

корпус, размещенный внутри его с кольцевым зазором трубопровод, герметично соединенный с торцами корпуса и выведенный за его пределы, о т л и ч а ю щ а я с я тем что, с целью повышения термодинамической эффективности, по оси трубопровода с помощью дистанционированных элементов установлен стержень, один из концов которого за пределами корпуса снабжен конусной насадкой, обращенной вершиной к его торцу, а трубопровод внутри корпуса выполнен в виде сильфона.

<u>ТТ-117.</u> ТТ переменной проводимости с электрической обратной связью (Бинерт У. и др.,1971 г.)

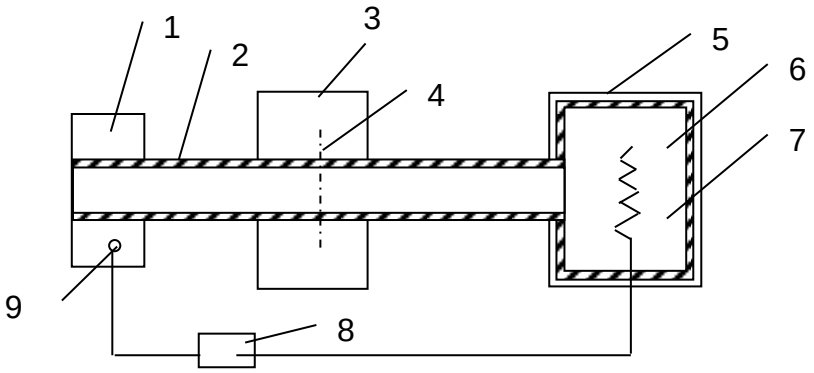


Рис. 56. ТТ переменной проводимости с электрической обратной связью.

1 - источник теплоты, 2 - фитиль, 3 - радиатор, 4 - граница "пар-газ", 5 - теплоизоляция, 6 - резервуар (аккумулирующий объем), 7 - нагреватель, 8 - регулятор нагревателя, 9 - датчик температуры

Достигнуто прецизионное регулирование температуры источника: ±1°С.

<u>ТТ-118.</u> А.с. СССР 1 030 636 (БИ, 27-1983 г. с. 156). Газорегулируемая ТТ - испаритель с газовым резервуаром и конденсатор, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения эксплуатационной надежности и точности регулирования при периодических пиковых тепловых нагрузках в стенке испарителя выполнена по крайней мере одна полость, заполненная плавящимся веществом.
2. ... полости выполненные в стенках испарителя заполнены плавящимся веществом с различной температурой плавления.

Здесь применена ТТ с горячим резервуаром (расположенным около или внутри зоны испарения, известны с 1971 г.). Дополнительная функция - сглаживания скачков температуры (сначала тепло "поймают" плавящимся веществом, а затем медленно “перерабатывают"); подобное решение см. ТТ-50.

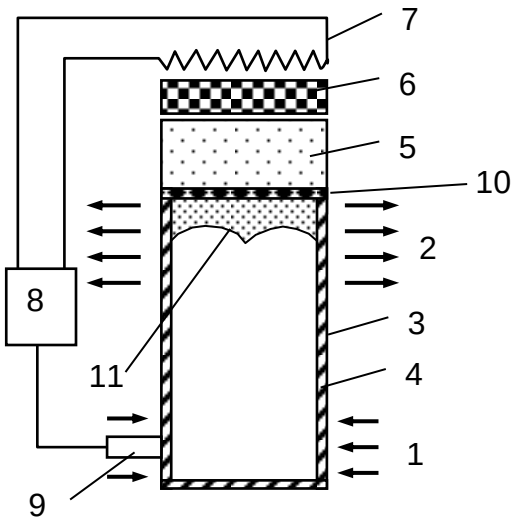
<u>ТТ-119.</u> Использование электрического ветра для управления парогазовым фронтом в газонаполненных ТТ ("Электронная обработка материалов", 1980, № 6, с. 35-37). Предложено использовать для изменения положения границы "пар-газ" "электрический ветер" - появляющийся при изменении параметров

противоэлектрода в коронирующей системе типа игла-плоскость. Возможно применение внутри газонаполненных ТТ. Описана кольцевая электродинамическая газонаполненная ТТ.

Здесь сделана попытка исключить из системы резервуар. Но какой ценой? - усложнением подсистемы, введением в нее ТС, обслуживающей коронирующую систему. Такое решение "расчищает" оперативную зону и, если не видеть резкого усложнения надсистемы, может показаться близким к идеальному.

Сравним это решение с последними разработками Института прикладной физики АН Молдавской ССР (ТТ-120; ТТ-121) - в них получен действительно заметный качественный скачок. Такой скачок характерен для изобретений, основанных на введении в ТТ нового идеального вещества.

<u>ТТ-120.</u> А.с. СССР 947 614 (БИ, 28-1982). Газорегулируемая ТТ с зонами испарения и конденсации, содержащая корпус с аккумулирующим объемом, расположенным в торце зоны конденсации и снабженным нагревателем, соединенным через блок управления с датчиком температуры, установленным в зоне испарения, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью расширения пределов регулирования, внутренняя поверхность аккумулирующего объема покрыта спеченным порошком гидрида интерметаллида.



1 - зона испарения
2 - зона конденсации
3 - корпус
4 - КПМ
5 - аккумулирующий объем
6 - спеченный порошок
7 - нагреватель
8 - блок управления
9 - датчик
10 - пластина из палладия
11 - граница пар-газ

Рис. 57. Газорегулируемая ТТ с гидридным аккумулятором водорода и палладиевой пластиной

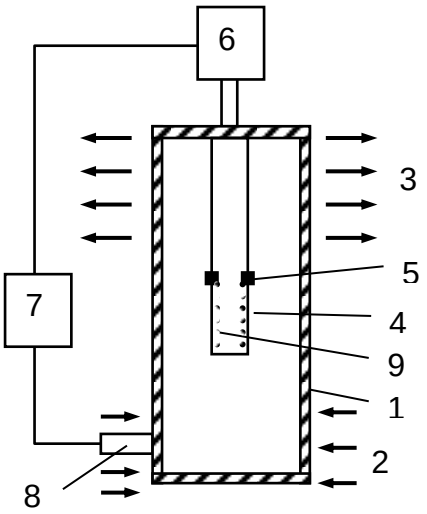
В ТТ снова использован водород. Его уникальное свойство хорошо растворяться в металлах, прежде считавшееся "вредным" (см. ТТ-105, ТТ-110), обращено в пользу. Применен материал наиболее "водородолюбивый" - порошок гидрида интерметаллида с общей формулой: AB_5H_X, где А - редкоземельный металл, В - кобальт или никель, Н - водород. Например, можно использовать лантан - никелевый или самарий - кобальтовый гидриды. Применен также еще один металл (палладий) с интересным свойством: свободно пропускает водород и абсолютно непрозрачен для пара.

При изменении температуры в испарителе 1 датчик 9 через блок управления 8 изменяет мощность нагревателя 7, спеченный порошок 6 интенсивно выделяет водород, который проходя через пластину 10 изменяет положение границы пар-газ 11. При снижении мощности 7 порошок 6 поглощает водород.

Использование нового вещества с новым для этой ТС свойством поглощать или выделять водород при изменении температуры и давления позволило резко сократить объем резервуара и ввести его внутрь ТТ.

Это новый шаг к полному поглощению подсистемы "холодный резервуар" идеальным веществом.

<u>ТТ-121</u>. А.с. СССР 1 070 421 (БИ, 4-1984, с. 141(. Газорегулируемая ТТ по А.с. СССР 947 614, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения качества регулирования, пластина из палладия свернута в цилиндр, образующий аккумулирующий объем и разделенный посредством кольцевой прокладки на две части, каждая из которых подсоединена к нагревателю независимо от другой, а спеченным порошком гидрида интерметаллида покрыта внутренняя поверхность лишь одной из них.



1 - корпус
2 - зона испарения
3 - зона конденсации
4 - аккумулирующий объем в виде цилиндра
5 - кольцевая прокладка из теплоизоляционного материала
6 - источник тока
7 - блок управления
8 - датчик температуры
9 - покрытие из спеченного порошка гидрида интерметаллида.

Рис. 58. Газорегулируемая ТТ с аккумулятором в виде цилиндра из палладия

При изменении температуры в зоне 2 датчик 8 с помощью блока управления 7 изменяет силу тока, поступающего от 6 независимо к обеим частям цилиндра. При прохождении электрического тока через стенки цилиндра выделяется джоулево тепло, повышается температура стенок, благодаря чему существенно возрастает проницаемость палладия для прохода водорода (проницаемость изменяется по экспоненциальному закону при изменении температуры палладия(. В зависимости от величины вводимой мощности тока покрытие 9 выделяет большее или меньшее количество водорода. Водород, выделенный интерметаллидом, собирается в виде газовой подушки в верхней части 3 и изменяет положение границы пар-газ. Часть цилиндра 4, свободная от покрытия, имеет самостоятельное подключение к 6, который для этой части цилиндра может работать в постоянном режиме. Теплоизоляция 6 - для разделения тепловых потоков по обеим частям цилиндра 4. Для непрерывной

работы ТТ необходимо обеспечить как выделение, так и интенсивное поглощение водорода покрытием 9, к которому водород в этом случае проникает через часть 4 свободную от покрытия.
Высокие динамические характеристики регулирования - за счет возможности пропуска водорода в больших количествах и с большой скоростью в обоих направлениях при его выделении и поглощении.

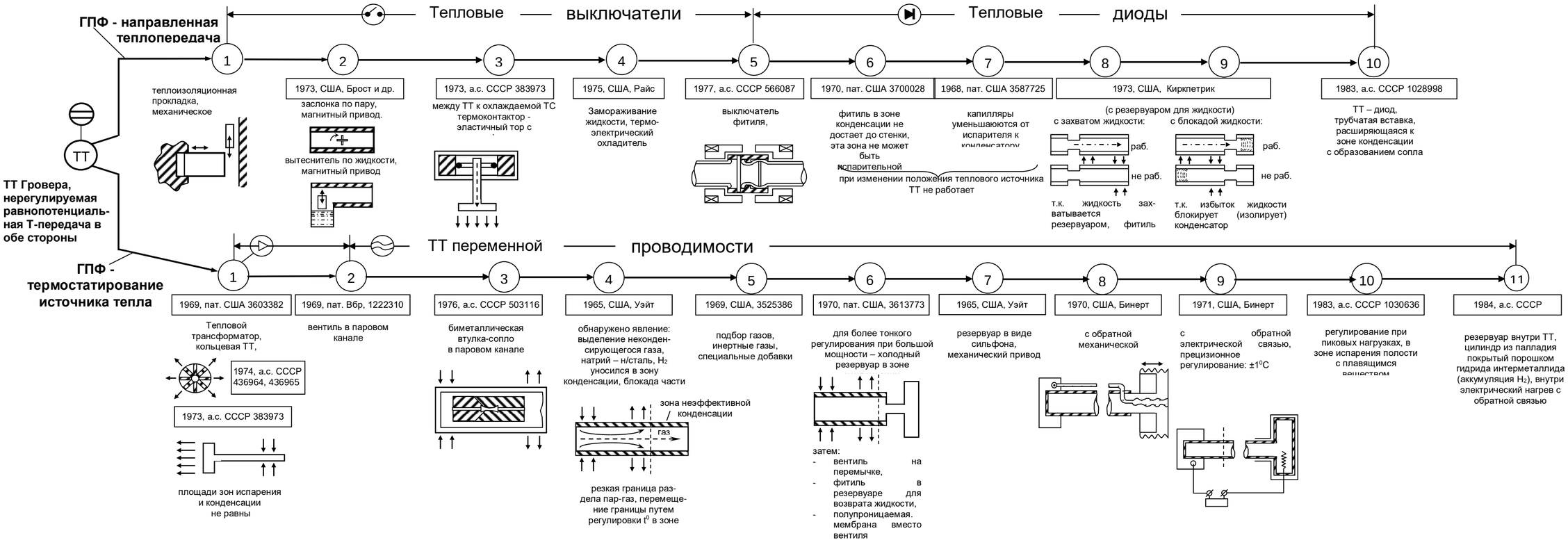


Рис. 59. Развитие ТТ-выключателей, ТТ-диодов, ТТ-переменнойпроводимости

Отметим особенности этого решения:
1) аккумулирующий объем еще больше сократился;
2) произошло повышение точности регулирования за счет замены статичного режима работы (или поглощения, или выделения водорода) на динамичный (водород одновременно и выделяется и проникает в цилиндр);
3) исчез нагреватель, его функцию выполняет "по совместительству" сам цилиндр (нагреватель поглощен идеальным веществом).

Кроме ТТ переменной проводимости тепловые трубы развиваются еще в одном направлении - они начинают превращаться в преобразователи альтернативной энергии: солнечной, геотермальной и т.п. Предложены способы извлечения низкопотенциальной тепловой энергии недр с использованием принципа тепловой трубы, разработаны ТТ с встроенными в корпус концентраторами солнечного излучения. Пока это только транспортеры и трансформаторы тепловой энергии. Легко представить себе совмещение ТТ с преобразователем тепловой энергии в электрическую: достаточно ионизировать пар и использовать принцип МГД - генератора.

В этом направлении уже есть интересные решения:

ТТ-122. А.с. СССР 842 380 (БИ, 24-1981). Предложено применение пористых р- и п-полупроводниковых элементов в качестве капиллярно-пористой структуры ТТ. ТТ превращается в термогенератор низкого напряжения, преобразуя все тепло в электрический ток. Особенно удобно использовать при утилизации сбросного тепла, излишков тепла или любого другого источника. При этом преобразовании нет потерь тепла, не требуется никакого другого оборудования.

В ТТ появляется еще одно ***идеальное вещество***, поглотившее в себя преобразователь энергии и генератор электрического тока[4].

И, в заключение, еще одна карточка - об использовании эффекта неконденсирующихся газов в технологии изготовления обычных ТТ.

ТТ-123. А.с. СССР 1 020 748 (БИ, 20-1983, с. 128). Способ изготовления ТТ с зонами испарения и конденсации путем заполнения жидким рабочим телом и вакуумирования, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью упрощения технологии изготовления вакуумирование осуществляют в процессе работы трубы путем вытеснения воздуха парами рабочего тела через обратный клапан.

1.6.2. Появление новых идеальных веществ и поглощение ими подсистем.

До сих пор анализ периодов синтеза и развития тепловой трубы носил чисто описательный характер: он нужен был для объяснения особенностей функционирования этой ТС и путей ее развития, выявления качественных скачков в развитии. Теперь полезно очистить процессы синтеза и развития от лишней информации, показать узловые точки развития и выделить механизм этого процесса.

---

[4] Одним из преимущественных путей развития В в ИВ является направленный поиск веществ выполняющих дополнительные ПФ за счет преобразования энергии проходящей сквозь систему, т. е. энергии, обеспечивающей выполнение ГПФ ТС или ее ПС.

На рис. 60, 61 схематично изображены основные моменты процесса синтеза ТТ и процесса развития ТТ переменной проводимости.

Пояснения к рис. 60.

1. **Досистемный период** - период синтеза веполя. От случайных веществ $В_n$ (газ, жидкость, твердое тело) переход к идеальному веществу (ИВ-1), с использованием фазового перехода жидкость (В') - пар (В'').

2. Появление **простейшего веполя** (три элемента): $В_1$ (пограничный слой - стенки трубы), ИВ-1, тепловое поле.

3. Период **увеличения степени вепольности**. Простейшая система (один веполь) начинает "обрастать" новыми подсистемами, превращаясь в цепной и сложный веполи. Смысл этого процесса - в выявлении новых полезных функций и обеспечении их дополнительными подсистемами.

♦ Термосифон: из системы вытесняются лишние вещества (воздух)(, замыкается пограничный слой, создается внутренняя среда для функционирования идеального вещества. $ПС_1$ - зона испарения, $ПС_2$ - зона транспорта, $ПС_3$ - зона конденсации, В'- жидкость, В'' - пар, В'/В''- фазовый переход, $Э_п$ - энергия полезная (вход в систему), $Э_п'$ - полезная энергия на выходе из системы, т.е. продукция (Пр).

♦ Антигравитационный термосифон: появляются еще три дополнительные подсистемы для обеспечения возврата жидкости против гравитации. $ПС_4$ - транспорт жидкости по эрлифту, $ПС_5$ - нагреватель, $ПС_6$- источник питания.

♦ ТТ Гровера: процесс синтеза заканчивается простым веполем. Подсистемы, обеспечивающие полезные функции поглощаются новым идеальным веществом ИВ-2 (фитиль). В системе только два вещества, поле и пограничный слой.

Пояснение к рис. 61.

К ГПФ классической (нерегулируемой) ТТ Гровера добавляется новая полезная функция - необходимость в регулировании, которая обеспечивается новыми подсистемами. $ПС_1$ - рабочий орган регулирования, $ПС_2$ -механический привод, $ПС_3$ - измеритель (датчик) температуры в испарителе. Цепочка замыкается на "подсистему" - человек. Все эти подсистемы поглощаются ИВ-3 - неконденсирующимся газом.

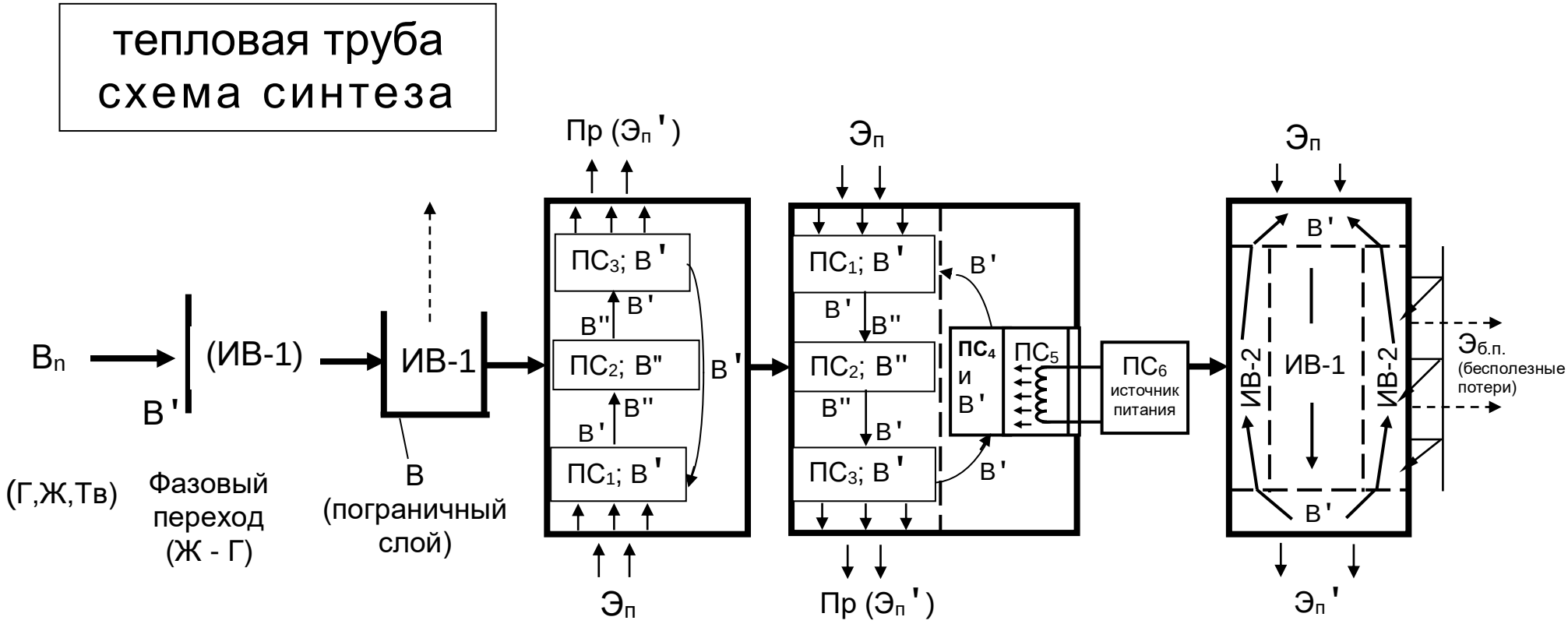
Далее идет поиск ИВ-3, наиболее полно отвечающего ГПФ и принципу ВПФ-совместимости. Появляется новая подсистема - холодный резервуар. С увеличением ГПФ (более точного регулирования) вводятся новые подсистемы, изменяется резервуар (сильфон).

Появляется механическая обратная связь. Исключается человек из системы.

Обратная связь становится электрической, появляются подсистемы: блок управления, источник питания, нагреватель.

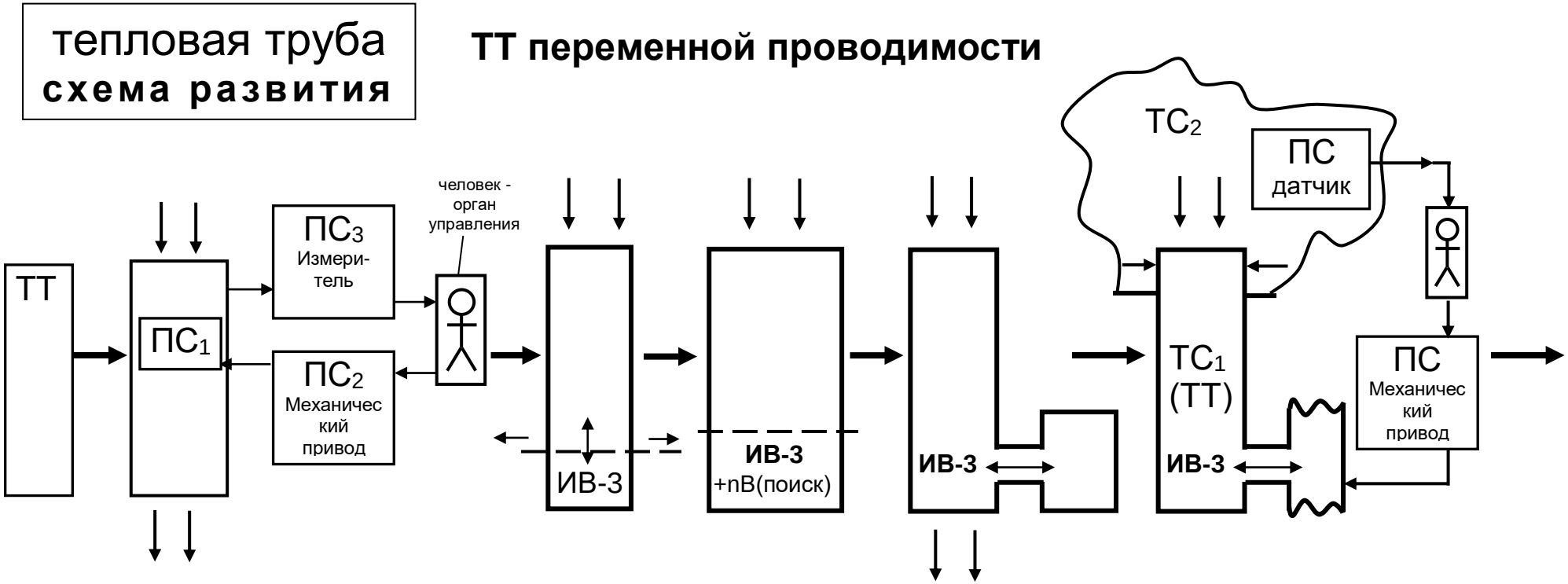
Появившееся в системе ИВ-4 (гидрид интерметаллида, палладий) поглощает

резервуар.



Досистемный период	Открытая труба	Термосифон	Антигравитационный термосифон	ТТ Гровера
Синтез веполя	Простейший веполь	Увеличение степени → вепольности		Простой веполь

Рис. 60. Схема процесса синтеза тепловой трубы

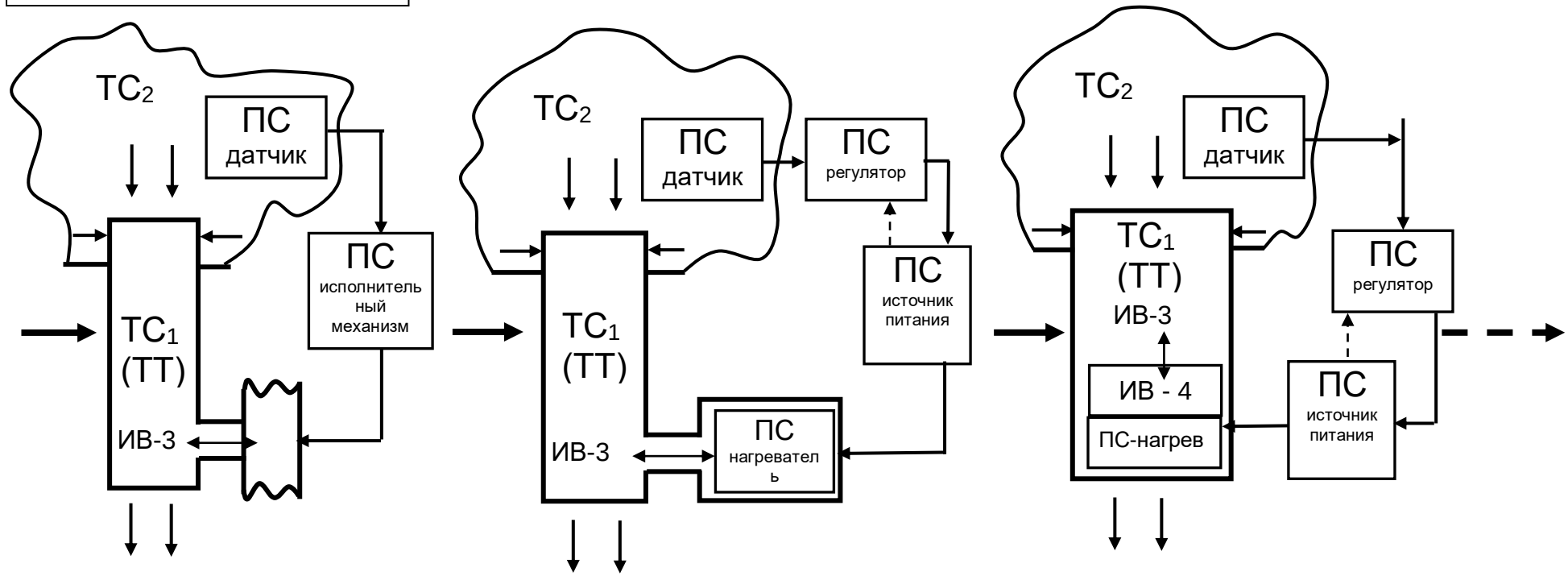


Нерегули-руемая ТТ	ПС4 – заслонка, - вентиль, - вытеснитель	Неконденсирую щийся газ (ИВ-3)	Неконденсирую-щийся газ + спец. добавки	ТТ с холодным резервуаром	Холодный резервуар в виде сильфона
Простой веполь	Увеличение степени вепольности →	Простой веполь	Увеличение степени вепольности →		

Рис. 61. Схема процесса развития ТТ переменной проводимости

тепловая труба
схема развития

ТТ переменной проводимости



ТТ с механической обратной связью	ТТ с электрической обратной связью	ИВ–4 (палладий + интерме-таллиды) - поглощение ПС - резервуара
Увеличение степени вепольности →		

Рис. 61. Схема процесса развития ТТ переменной проводимости (продолжение)

Процесс явно еще не закончен: остались непоглощенными подсистемы, не образовался новый простой веполь (моно'–ТС). Оставшиеся подсистемы должны поглотиться ИВ-5 (это может быть вещество из ТТ-122).

1.6.3. Формирование новой моно-ТС.

Выделим еще раз, более четко основные этапы, которые проходит техническая система в процессе своего развития (увеличения ГПФ):

I. - моно-ТС; простой веполь с двумя идеальными веществами (ИВ-1, ИВ-2) и полем;
II. - появление новых полезных функций (увеличивающих ГПФ) и подсистем, обеспечивающих их выполнение, эти подсистемы являются как бы "черновиками" будущих идеальных веществ;
III. - появление новых идеальных веществ (ИВ-3, ИВ-4 и т.д.), каждое из которых заменяет одну подсистему; это идеальное вещество 1-го порядка: $ИВ^1$ или $ИВ_{(ПС)}$;
IV. - "взаимопроникновение" и "слияние" нескольких идеальных веществ в одно - ИВ 2-го порядка ($ИВ^2$ или $ИВ_{(ТС)}$), которое принимает на себя выполнение функций нескольких подсистем и, в конечном итоге, целой ТС;
V. - появление новой моно-ТС (моно'-ТС), представляющей из себя опять же простой веполь из двух ИВ 2-го порядка и поля;
VI. - и т.д. для уровня надсистемы.

К настоящему времени тепловая труба прошла в своем развитии первые три этапа и только-только начался 4-й этап. Поэтому 5-й и последующие этапы проиллюстрировать на примере этой ТС пока нечем.

Необходимо отметить, что и вообще в современной технике еще очень мало ИВ 2-го порядка. Пожалуй, единственной областью техники, оставившей в этом смысле далеко позади большинство современных технических систем, является микроэлектроника. Использующиеся и проектируемые большие и сверхбольшие интегральные схемы можно считать, по меньшей мере, идеальными веществами 4-го и 5-го порядков. В таких ИВ, представляющих собой на макроуровне единое вещество - монокристалл, сосредоточено гигантское число элементов, задействовано несколько микроуровней (этажей) вещества, почти исчерпан физический принцип, заложенный в основу их функционирования. Например, рабочий канал транзистора или проводник, соединяющий два элемента, составлены здесь всего из нескольких сот атомов; в этих условиях уже не действителен закон Ома: сопротивление проводника растет не пропорционально, а экспоненциально с увеличением длины. Разумеется на этом развитие микроэлектроники не остановится - синтез ИВ последующих порядков будет идти за счет освоения все более низких этажей вещества с использованием новых физических принципов микромира.

Не случайно, по-видимому, и проникновение некоторых терминов из этой области в теплотехнику: тепловые выключатели, диоды, ТТ с переменным сопротивлением и др. Вполне возможно, что технические системы с

использованием теплового поля могут некоторое время развиваться в русле отработанных в микроэлектронике идей. Это направление соответствует и общей тенденции замены в ТС "малоскоростных" полей (механических, тепловых, звуковых и т.д.) на электромагнитное. Однако не следует принимать это положение буквально для теплотехнических систем, например, ТТ. Тепловое поле не исчезнет из ТТ (иначе это будет другая ТС, т.к. не будет ГПФ - теплопередачи).

Единственный участок, в котором должно работать электромагнитное поле, это - транспортная зона. Таким образом, новым физическим принципом работы ТТ будет теплопередача с помощью ЭМ-поля. Произойдет и замена физических пределов: звукового на световой.

Итак, в новой моно-ТС (в соответствии с определением приведенном на предыдущей странице - этап **V**) будет два ИВ 2-го или 3-го порядка и новое физическое поле (скорее всего ЭМ-поле). Система теплопередачи, с макроуровневой точки зрения, будет представлять собой простой веполь. Возможно и внешне она будет выглядеть "просто", будет чем-то напоминать предыдущие моно-системы (медный стержень, тепловую трубу). Теплопередачу можно будет осуществлять на большие расстояния (по проводам или ЭМ - излучением)[5].

Может быть одним из ИВ в таких системах будут экситоны - новые физические структуры, у которых открыто явление сверхтеплопроводности. Не случайно последние изменения в ТТ связаны также с химэффектами (ТТ-120, 121). Использован пока один из известнейших эффектов из арсенала химии. Новые функциональные возможности может открыть, например, применение химических транспортных реакций.

Как видно из сказанного, образ новой моно-ТС вырисовывается пока еще только в общих чертах. Детальное прогнозирование и не входило в задачу данной работы, т.к. пока нет еще даже простейшего алгоритма прогнозирования развития технических систем. Создание такого алгоритма должно быть основано на целом ряде работ подобного типа, в том числе, построенных и на других концепциях развития техники. Это цель ближайшего будущего ТРТС.

---

[5] Здесь не следует проводить аналогию с передачей тепла от ТЭС и АЭС с помощью электрического тока к потребителю. Многократное преобразование энергии с использованием ТС с низким значением ГПФ и ее транспорт с большими потерями - все это оставляет потребителю маленький "кусочек" от исходной энергии, всего несколько процентов. Речь идет о теплопередаче с К.П.Д. близким к единице, как в ТТ.

ГЛАВА 2. ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ: АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗВИТИЯ ТС "ТЕПЛОВАЯ ТРУБА", ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИДЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

2.1. Виды идеализации технических систем.

Развитие технических систем подчиняется объективным законам. Наиболее общим является ***закон увеличения степени идеальности ТС*** (*идеальная ТС - когда системы нет, а ее функции выполняются*) [1].

При этом **под идеализацией ТС понимается увеличение количества функций, мощности, производительности и т.д., приходящихся на единицу площади, объема, веса системы.**

Как было показано в предыдущей главе определение идеальной ТС может быть отнесено к системе, функции которой выполняются идеальным веществом, поглотившим подсистемы ТС.

Реальная же ТС состоит из конкретного вещества, деталей, подсистем, которые имеют определенные геометрические, физические и химические свойства на разных иерархических уровнях. Наличие этих свойств дает потенциальную возможность превращать, в принципе, любую ТС в многофункциональную идеальную ТС, в которой будут задействованы все свойства вещества ТС.

В данной работе сделана попытка выявить некоторые особенности ***механизма идеализации технических систем в процессе их развития***.

В ТРИЗ принято различать **два вида систем** [1], различающихся способами увеличения степени идеальности.

В <u>*системах 1-го вида*</u> (**S_1**) масса (**М**), габариты (**Г**) и энергоемкость (**Э**) имеют конечную величину, а количество выполняемых функций неограниченно увеличивается. Формально эта зависимость может быть выражена по предложению Г.С.Альтшуллера формулой:

$$\mathrm{I}\,(S_1) = Lim \sum_{\substack{\{M,Г,Э\}=const \\ n \to \infty}} \Phi_n\,(МГЭ)$$

Схематично эта зависимость изображена на рис. 62.

Этот вид *идеальной технической системы* (**ИТС**) интересен тем, что в ней максимально задействованы свойства ее элементов и веществ, а все лишние элементы, вещества и свойства вытеснены из системы - вместо них введены вещества или подсистемы, увеличивающие <u>*главную полезную функцию*</u> (**ГПФ**) или <u>*количество выполняемых функций*</u>.

Например, тепловая труба (**ТТ-28**) выполненная в виде лопатки центробежного

насоса: тепловые трубы выполняют роль лопаток и регулируют расход воды путем изменения угла наклона лопаток.

Или **ТТ-51**: КПМ выполнен в виде геттеров, которые очищают теплоноситель и осуществляют непосредственно свою функцию - транспорт жидкого теплоносителя к зоне испарения.

В *системе 2-го вида* (**S_2**) масса, габариты и энергоемкость стремятся к нулю, а количество выполняемых функций не изменяется.

$$I(S_2) = Lim \sum_{\substack{\{M,Г,Э\}\to 0 \\ n=const}} \Phi_n(M,Г,Э)$$

Это наиболее распространенный вид **ИТС** (рис. 62). Система в процессе своего развития максимально избавляется от лишних подсистем и веществ, не несущих полезной нагрузки при осуществлении ГПФ.

Например, **ТТ-41, ТТ-45, ТТ-26, ТТ-60** и др.

Наиболее **общим видом ИТС** является та, в которой масса, габариты и энергоемкость стремятся к нулю, а количество выполняемых функций возрастает (рис. 62), т.е. системой задействованы все основные и вспомогательные свойства ее элементов и веществ, в целом увеличивающие ГПФ системы.

К этому типу относятся и универсальные ТС.

И, если 2-й вид идеализации ТС ведет к специализации ТС, то общий - к универсализации.

ИТС общего вида, как правило состоит из ИТС 2-го вида, ВПФ-совместимых и направленных на выполнение ГПФ ТС.

Особенно это наглядно можно проследить в развитии микроэлектронных приборов: диод - транзистор - тиристор-...- микросхема -... - кристалл. Микросхема, например, включает в себя огромное количество транзисторов.

По патенту Великобритании 1 361 505 тепловая труба, служащая для охлаждения полупроводниковых приборов, лишена одной из стенок. При дальнейшем развитии ТТ органически войдет в полупроводниковый прибор в качестве его подсистемы.

Тот факт, что тепловая труба передает мощность 20 кВт/см^2 (т.е. почти предельную для современной техники удельную нагрузку) говорит о том, что ТТ - это ИТС, в которой уже произведена идеализация специализированных зон, подсистем и рабочего тела по выполняемым функциям.

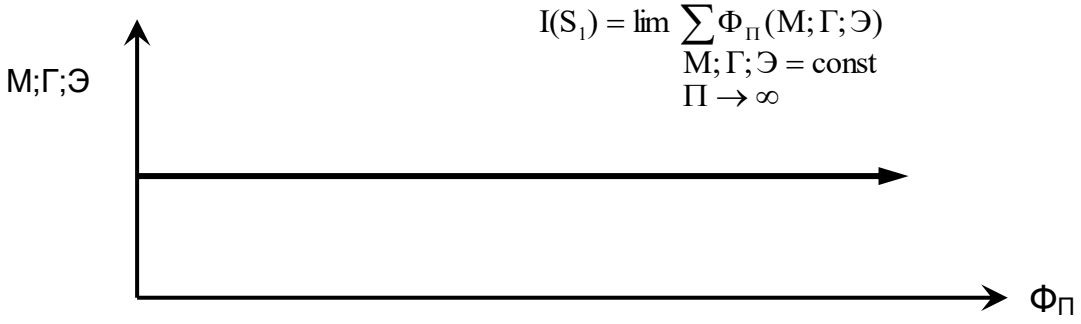
Формально ИТС общего вида может быть записана так.

$$\mathrm{I}(S_3) = \underset{\substack{\{M,\Gamma,Э\}\to 0 \\ n\to\infty}}{Lim} \sum \Phi_n(M,\Gamma,Э)$$

К ИДЕАЛИЗАЦИИ ТС

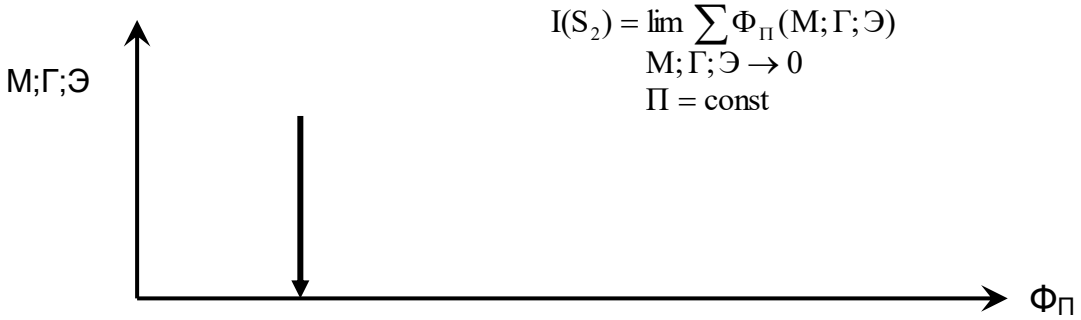
1. Идеальная ТС I-го вида - I (S_1)

$$I(S_1) = \lim \sum \Phi_П(М;Г;Э)$$
$$М;Г;Э = const$$
$$П \to \infty$$



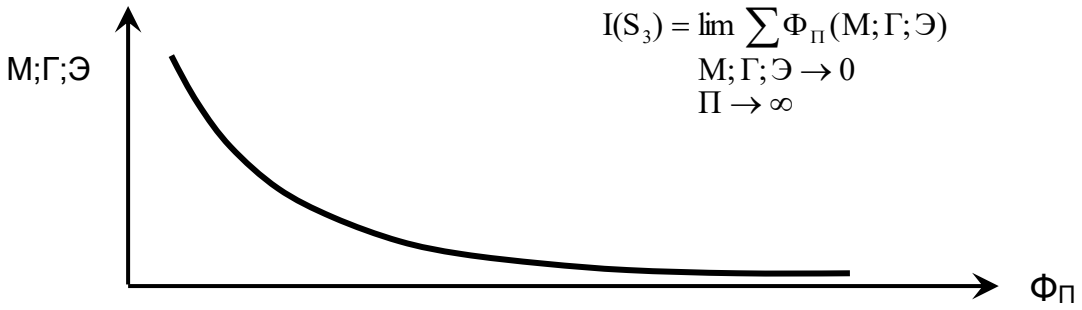
2. Идеальная ТС II-го вида - I (S_2)

$$I(S_2) = \lim \sum \Phi_П(М;Г;Э)$$
$$М;Г;Э \to 0$$
$$П = const$$



3. Идеальная ТС обшего вида - I (S_3)

$$I(S_3) = \lim \sum \Phi_П(М;Г;Э)$$
$$М;Г;Э \to 0$$
$$П \to \infty$$



4. Идеализация реальной ТС)

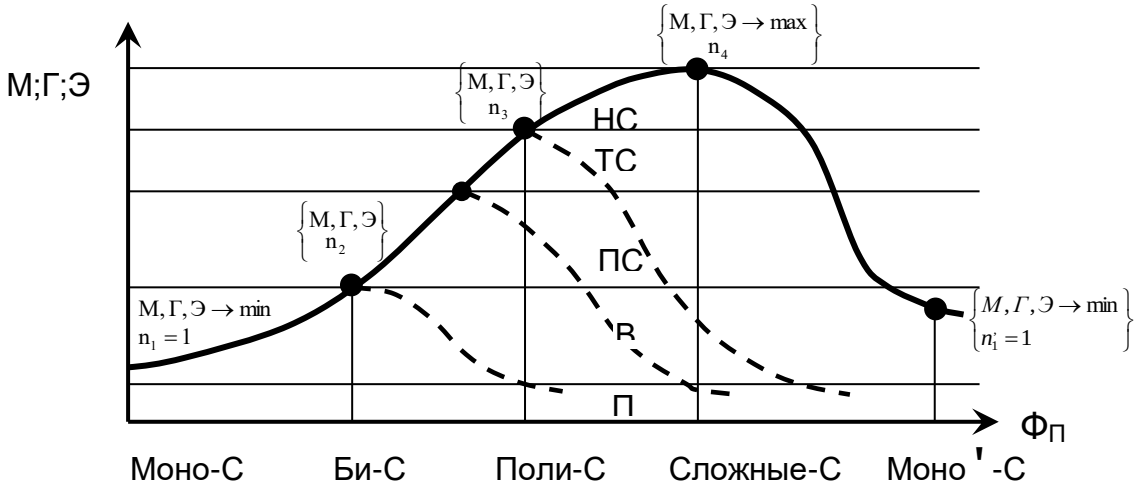


Рис. 62. Виды идеализации технических систем

До сих пор в ТРИЗ идеализацию ТС рассматривали как процесс развития ТС по пути уменьшения М,Г,Э и увеличения числа функций. Однако такой взгляд не полностью отражает реальное развитие ТС в направлении увеличения степени идеальности. Кроме того, он не позволяет выявить самого механизма идеализации. А такой процесс при развитии ТС как их усложнение, рассматривался как уменьшение идеальности ТС. Такое положение приводило к противоречию между основным положением теории и реальным развитием ТС, к столкновению тенденций развития. Временно это противоречие было разрешено таким объяснением: усложнение ТС происходит в надсистеме, а в оперативной зоне идет процесс идеализации ТС. Однако на самом деле такое усложнение всего лишь один из путей выявления функций будущего идеального вещества или процесса.

Анализ логики развития ряда технических систем показал, что их развитие в направлении повышения идеальности проходит ***два основных этапа***: **развертывания ТС** путем усложнения их с целью поиска функций будущей ИТС и **поглощения (или свертывания) ТС идеальным веществом этой системы**, появляющимся в процессе развития (идеализирующийся как наиболее низкий ранг ТС, идущий в авангарде развития ТС).

Формально **процесс развития реальной ТС** может быть записан выражением:

$$\mathrm{I}(S) = \lim_{\substack{\{М,Г,Э\}\to\{М,Г,Э\}_{MAX} \\ n\to n_{MAX}}} \sum \Phi_n(М,Г,Э) + \lim_{\substack{\{М,Г,Э\}\to 0 \\ n_{MAX}\to N}} \sum \Phi_n(М,Г,Э)$$

где n_{MAX} - число подсистем и функций (выполняемых ими)
N - число функций в надсистеме, которую ИВ поглощает.

Количество функций $\mathbf{n_{MAX}}$ зависит от числа подсистем входящих в ТС и выполняемых ими функций. Как правило, количество функций $\mathbf{n_{MAX}}$ при поглощении ТС веществом сохраняется.

Здесь следует отметить, что в процессе развития реальной ТС развивается не какая-то конкретная ТС данного вида, а класс ТС - в виде многообразия ТС имеющих общую ГПФ, привнося или принимая ряд признаков той надсистемы, в которой они используются. Это наглядно было показано на развитии тепловой трубы.

Этап развертывания ТС протекает следующим образом.

После ***появления потребности*** в новой ТС происходит поиск исходных подсистем, веществ и ***синтез*** из них ТС. В этот период идет поиск "*классической"* схемы ТС в соответствии с законами статики, обеспечивающими поиск состава, энергетическую проводимость ко всем частям системы, согласование ритмики частей системы между собой и соблюдением принципа ВПФ-совместимости.

После формирования ***моно-ТС*** происходит интенсивное развитие ТС путем применения ее в различных ТС в качестве подсистемы. Одновременно идет

процесс увеличения ГПФ ТС и ее "обрастание" рядом подсистем, повышающих эффективность или обслуживающих ее. На этом этапе уже начинают заметно проявляться тенденции совмещения новой моно-ТС с подсистемами надсистемы и поиска идеальных подсистем, веществ, позволяющих повысить ГПФ системы (см. таблицу применения ТТ в других ТС - рис. 7).
Применение ТС в надсистеме приводит с первых же шагов развития системы к объединению ее с другими системами и дифференциации ее подсистем по выполняемым функциям. Одновременное усложнение и дифференциация ТС и ее подсистем приводит к тому, что каждая ее подсистема на уровне своего ранга становится трудно управляемой - происходит процесс насыщения.

В этот период в недрах подсистем ТС зарождается ***идеальное вещество,*** которое после насыщения подсистемы соответствующего ранга поглощает в себя эту подсистему. Так, переходя от ранга к рангу идеальное вещество поглощает и саму ТС.

Этот процесс изображен на рис. 62. Пунктирные линии (на рисунке только для В и ТС) показывают поглощение (свертывание), очистку В от лишних веществ и свойств и поглощение ТС идеальным веществом.

В это время усложнение ТС продолжается, но уже на более высоких рангах или при ее объединении с себе подобными. Как было показано Г.С.Альтшуллером и И.М.Верткиным процесс усложнения ТС происходит путем развертывания ТС из моно-системы в би-, затем в поли- и, наконец в сложные системы.

В каждый период развертывания ТС в би- или поли-систему происходит процесс поглощения (свертывания) ТС в вещество.

Усложнение ТС может быть выражено ***принципом негэнтропийности***, обеспечивающего развитие ТС в направлении идеальности. Суть его заключается в увеличении сложности ТС в процессе развития (увеличении количества возможных вариантов отклика), повышении организации (разделении функций между специализированными связанными между собой открытыми подсистемами и объединении их в универсальную систему) и переходе к самоорганизующимся системам.

Второй этап идеализации ТС - этап поглощения (свертывания) ТС идеальным веществом и есть тот процесс идеализации, который общепринят в ТРИЗ.

Таким образом, представление об усложнении ТС в период ее развертывания, как о составной части процесса идеализации, его диалектики, позволяет получить наиболее полную картину развития ТС и разрешить те противоречия, которые имелись между теорией и реальностью.

2.2. Модель технической системы.

Анализ линии жизни реальных ТС показал, что развитие любой системы в итоге заканчивается созданием новой *моно-системы*, развитие которой повторяется вновь во всех подробностях, но на новом иерархическом уровне.

Здесь имеются в виду подробности закономерностей развития. Это дает возможность утверждать, что существует ***генеральная линия развития*** любых ТС. В этом аспекте понятие ИТС необходимо для того, чтобы выявить особенности формирования систем, лежащих на этой линии.

Чтобы выявить особенности формирования систем, лежащих на генеральной линии развития, проанализируем модель простейшей ТС (как составной части ТС I, II и III рангов [2] в ее динамическом внутреннем функционировании и взаимодействии с внешней средой. Структура такой ТС была предложена Г.С.Альтшуллером (рис. 63). Она включает в себя минимум составных частей и связей между ними: иерархию внутренних подсистем (ПС, $П^{П}С$ - подсистема n-ного ранга), связи с соседними системами (S(C); (S(ПС)) и с надсистемой (S(C), S(C,НС)) и пограничный слой (ГС) между НС и ТС.

При взаимодействии ТС с внешней средой, т.е. при поступлении извне потоков энергии, веществ и информации - полезных ($Э_П$; $В_П$; $И_П$) и вредных ($Э_В$; $В_В$; $И_В$) - начинается внутреннее функционирование перечисленных выше связей. В результате в надсистему технической системой выдается продукция (Пр), отходы вещества и энергии ($Э_О$; $В_В$;) измерительная информация (И) о состоянии системы.

Учитывая системный характер техники, многоранговость ТС и невозможность отразить предложенной схемой иерархических уровней вещества и поля, нами была предложена схема, изображенная на рис. 64[6], которая идентична схеме на рис. 63. Она позволяет отразить как иерархическую зависимость различных рангов ТС, так и некоторые тенденции развития ТС. Каждый из уровней П, В, ПС, ТС и НС представляют собой (в общем виде) область, в которой распределено все многообразие ТС на соответствующих подуровнях. Между уровнями находятся пограничные слои. Потоки энергии, вещества и информации попадая в систему, распределяются между ее подсистемами (уровнями), выдавая на выходе продукцию. При этом, вместе с потоками вредных (Э,В,И), часто генерируемых самой системой, в систему проникают потоки (Э,В,И) из окружающей среды (претензии окружающей среды), ухудшающие и разрушающие ТС. Для уменьшения их влияния в ТС вводится пограничный слой. Но, если и он не "спасает” систему, система адаптируется к воздействующим на нее претензиям, обращая вред в пользу. Таким образом в процессе функционирования ТС должна уметь хорошо перерабатывать полезные потоки (Э,В,И), максимально соблюдая принцип ВПФ-совместимости, и, уметь хорошо сопротивляться претензиям окружающей среды, максимально, где надо, соблюдая или не соблюдая принцип ВПФ-совместимости.

Предложенная схема позволяет также выявить некоторые особенности сосуществования ТС и окружающей среды при их взаимодействии. Одной из таких особенностей являются проявление *закона соответствия организаций ТС и окружающей среды.*

---

[6] Указание на рис. 64, что это является "Сечение 2-2", относится к общей модели эволюции ТС, изображенной на рис. 67.

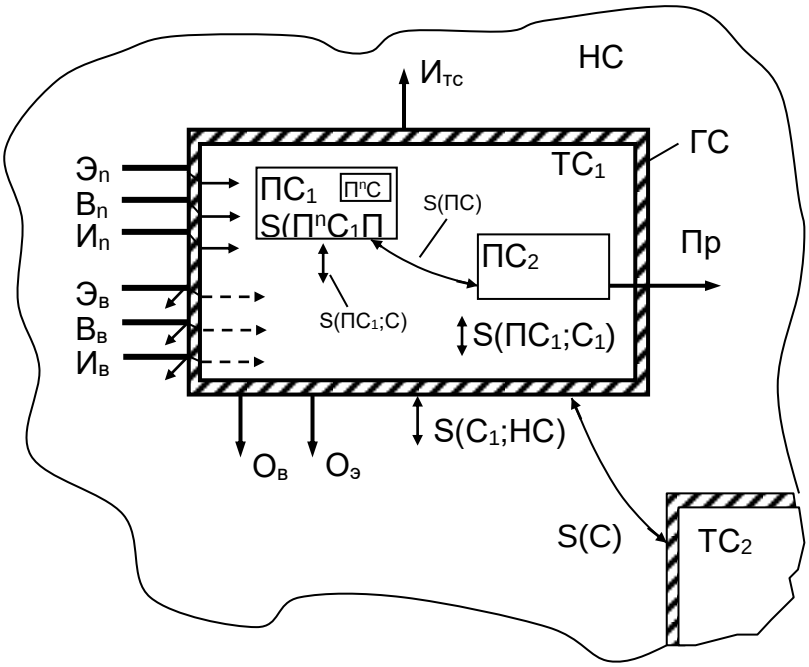


Рис. 63. Модель функционирования ТС

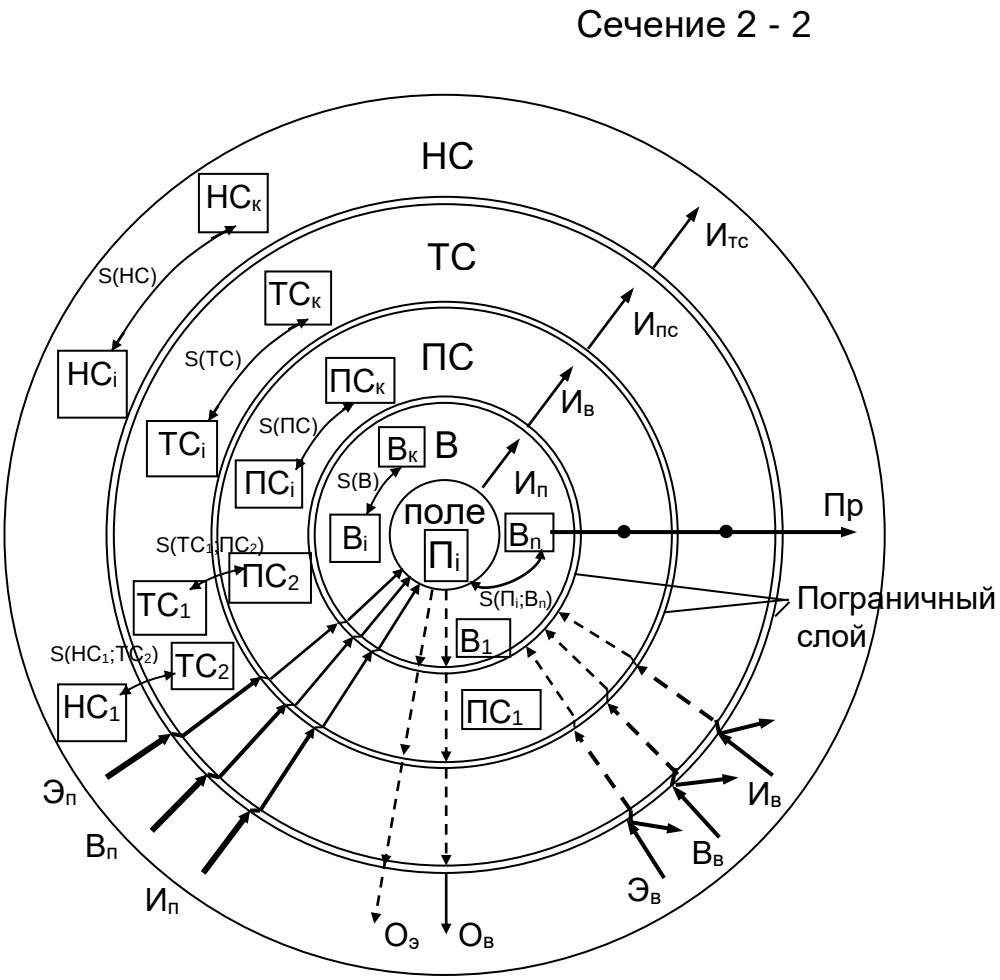


Рис. 64. Схема иерархических уровней ТС (сечение 2-2 - см. рис. 67)

2.2.1. Закон соответствия организаций ТС и окружающей среды.

Любое взаимодействие, если противодействующие в нем силы равны по величине и противоположны по направлению, является равновесным.

При взаимодействии ТС с окружающей средой (ОС) чаще претензии ОС оказываются сильнее возможностей ТС. Это позволяет сделать вывод о том, что необходимым условием бесконфликтного функционирования ТС в окружающей среде является соответствие ТС окружающей среде по сложности и уровню организации.

Исследования развития различных ТС подтверждают этот вывод и показали, что с увеличением степени идеальности ТС уровень организации ТС становится значительно выше уровня организации ОС. ТС становится более управляемой и меньше начинает зависеть от окружающей среды. Кроме того, при анализе причин и механизмов динамизации ТС выяснилось, что претензии ОС имеют определенную иерархию, которая представляет собой системную организацию природных систем (и природы в целом). Системный характер претензий ОС и в то же время их многообразие вызывает определенное многообразие ТС, функционирующих в окружающей среде, а также многообразие живых организмов.

В самом общем виде иерархия претензий ОС к ТС может быть представлена следующим перечнем.
1. Макровоздействия (землетрясение, ветер, волны, приливы-отливы, солнечное излучение и т.д.).
2. Мезовоздействия (средние макровоздействия).
3. Микровоздействия (вибрация, коррозия, растворение вещества, нагрев), а также претензии действующие на уровне:
- кристаллической решетки,
- доменов,
- молекул,
- атомов, и т. д.

4. Микровоздействия на уровне полей (солнечное излучение, тепловое поле, электростатическое, электромагнитное, магнитное и гравитационное поля и др.).

Например, на судно в океане действуют: макроволны - в целом на весь его остов; мезоволны - на его корпус; кавитация, раствор морской воды и т.д. - на материал корпуса; ветер - на надстройки на палубе и т.д. Таким образом сложность организации ОС требует соответствующей сложности организации ТС, чтобы на каждую претензию ОС был соответствующий отклик ТС. Это достигается, например, повышением управляемости ТС.

Создавая ТС для борьбы с претензиями ОС необходимо исходить из уровня организации самой претензии, включая ТС в качестве промежуточного элемента между претензиями ОС и ТС, которую необходимо защитить или ОС и человеком. Изменения, которые происходят после того когда достигается соответствие реакций ТС на претензии ОС, находятся в прямой зависимости от

претензий ОС и потребностей человека.
Например, опора для сохранения вечной мерзлоты по пат. США 3 788 389 выполнена в виде ТТ способной реагировать на все изменения температуры окружающей среды, поддерживая таким образом равновесие между температурой опоры и грунта. Здесь ТТ действует на том уровне, на котором находятся претензии ОС (тепло), но имеет при этом уровень организации выше, чем у ОС, этим и достигается высокая скорость реакции на все изменения ОС.

Другой пример - костюм для горноспасателей по а.с. СССР 111 144 (общеизвестное изобретение Г.С.Альтшуллера - см., например, "Алгоритм изобретения", М.: Московский рабочий, 1969 г., с.88, 1973 г., с. 111).

Для обеспечения жизнеспособности ТС должна находиться в неравновесном с ОС состоянии. А это возможно лишь при более высокой организации ТС по сравнению с организацией ОС. Равновесие может наблюдаться в пограничном слое.

То же можно сказать и о случае, когда претензии генерируются самой ТС. Например, в случае неуправляемых процессов или подсистем. Так, жало паяльника по а.с. СССР 616 073 выполнено в виде ТТ, стабилизирующей его температуру.

Можно сказать, что в процессе своего развития ТС стремится перейти на тот уровень, на котором наблюдается или может быть соответствие организаций ТС и ОС. Причем процесс этот направленный, ТС все время стремится, как бы, уйти от претензий более высоких уровней, к претензиям более низких уровней.

Особенно ярко этот процесс проявляется при переходе с макро- на микроуровень. Например, струны ограничительного элемента, при электрохимической обработке стекла, натягивались с помощью специального механического устройства. Тем не менее претензии ОС - тепловое поле, нагревающее и деформирующее струны (чем и вызвана необходимость подтягивать их), действовали непосредственно на кристаллическую решетку струн. В соответствии с вышеизложенным, ТС также должна перейти на тот уровень, где непосредственно действуют претензии. Что и было предложено по а.с. СССР 580 116: ограничительный элемент выполнили в виде биметаллической дуги. Теперь устройство само приспосабливается к изменениям теплового поля.

Уход от претензий высших уровней к претензиям низших уровней заметен во всех областях, где ТС испытывает претензии разных уровней. Например, в строительстве: это переход от зданий опирающихся на несколько точек, к зданиям, опирающимся на одну, например к фундаментам с корневой системой, особенно в районах с повышенной сейсмичностью.

Итак, сохранение неравновесного состояния взаимодействия с внешней средой является важным принципом, обеспечивающим жизнеспособность ТС. Он состоит в противоборстве факторов, направленных на поддержание неравновесия со средой, и уравновешивающих факторов среды, направленных

на приведение ТС в состояние равновесия. ТС достигает состояния неравновесия путем оптимального перераспределения Э, В и И между подсистемами (если для этого хватает внутренних ресурсов - селективных подсистем, связей между ними, запасов "прочности") или изменяется, заменяется новой ТС (если внутренних ресурсов недостаточно и нечем ответить на "претензии" внешней среды, то возникают и быстро развиваются противоречия).

Один из путей опережающего (прогностического) развития ТС - искусственное ужесточение изменений внешней среды для создания сильных противоречий.

Во всех случаях уровень организации ТС должен быть несколько выше уровня организации ОС. Например, необходимо поддерживать разницу температур между наружной оболочкой космического корабля и внутренней. Достигается это путем создания пограничного слоя, обеспечивающего сохранение разности изменения в организации внутренней среды ТС и внешней - космоса.

На первых этапах развития ТС образуется первичный пограничный слой. Затем идет процесс упрочнения и усложнения, динамизации и дифференциации его на подслои со специализацией их по потокам Э,В,И. И, в конечном итоге, поглощение всех буферных систем, обслуживающих пограничный слой, идеальным веществом этого слоя.

Усложнение ТС в период развертывания протекает одновременно с процессами объединения и специализации подсистем, что требует повышения управляемости усложнившейся системы. Назревшие противоречия между управляемостью и сложностью системы разрешаются двумя путями:

♦ передачей функций управления в надсистему путем усложнения надсистемы и упрощения системы (ее оперативной зовы),

♦ передачей управления идеальному веществу системы путем упрощения самой системы, но усложнением вещества.

Примеры тому **ТТ-120, ТТ-121** и **ТТ-92**.

Непременным условием развития ТС в направлении увеличения степени идеальности, является *принцип наименьшего действия*. Суть его заключается в том, чтобы в процессе развития ТС осуществить такие минимальные преобразования в ТС, после которых в ней происходили бы сами по себе изменения, направленные на увеличение главной полезной функции системы.

Проявление этого принципа становится ощутимым в тех случаях, когда в системе соблюдены принципы ВПФ-совместимости, соответствия организаций ТС и ОС, а сама ТС находится на этапе поглощения в идеальное вещество. Например, **ТТ-92, ТТ-108,** а.с. СССР 383 973, а.с. СССР 1 070 421 и др.

Приведенные принципы являются попыткой исследовать "тонкую структуру" и механизмы развития и функционирования технических систем.

2.3. Схема эволюции технических систем.

При построении любой научной теории одним из важных вопросов является

философская позиция исследователя, его методология. Это особенно важно сейчас, когда закладываются основы ТРТС, корни которой уходят в ТРИЗ.

ТРИЗ построена на большом фактическом материале. Но тот эмпирический подход, заключающийся в разделении, расчленении объекта, фиксирование в сознании устойчивого объекта, с уже сложившейся структурой, становится не приемлемым, особенно когда исследуется вопрос об эволюции системы.

Поскольку такой эмпирический подход отвлекается от развития предмета, его соотношения с системой, взаимодействия с другими предметами, то в результате оказывается, что исследуемый предмет как целое отражается односторонне. Поэтому нами выбран путь анализа не отдельных, вычлененных из общего развития ТС, а путь логики развития целого вида ТС, увязки всех законов и движущих сил развития в единое целое.

К проблеме идеализации ТС было сделано несколько подходов:

- ♦ исследована динамизация ТС,
- ♦ исследована идеализация вещества ТС,
- ♦ проанализированы принципы развития и модель ТС, виды идеализации, логика развития конкретной ТС.

Полученные схемы, каждая по своему, отражала процесс идеализации. Однако при попытке объединить их .для объяснения эволюции ТС возникали противоречия. Попытка привлечь схему диалектики развития ТС, предложенную Г.С.Альтшуллером и И.М.Верткиным (см. рис. 65), для устранения возникшего противоречия, еще сильнее обострила противоречия между отдельными схемами, хотя было ясно, что каждая из них отражает какую-то сторону развития. Например, схема диалектики развития ТС отражала усложнение ТС в процессе перехода от моно к би-, затем к поли- и сложным системам. При этом отмечалось, что развитие ТС происходит по пути разрешения противоречия между усложнением ТС и ее идеализацией - операцией свертывания системы. Причем полностью свернутая би- или поли-системы снова становится моно-системой и может вновь совершить виток от "А" к "Д" или "Е" (т.е., к моно-С или би-С следующего цикла). Это один из важнейших механизмов развития всех ТС, отражающий одновременно закон перехода в надсистему.

Когда же был применен системный подход к решению возникших противоречий, все схемы удалось вписать в единую схему (модель) эволюции ТС, которая была впоследствии названа "**бегущей волной идеализации**".

С учетом исходных принципов и схем, схема диалектики развития ТС (рис. 65), уточненная на Новосибирской конференции, была деформирована (см. рис. 66) так, чтобы все полностью свернутые ТС легли на генеральную линию развития (ГГЛ) ТС. Таким образом, точки, которые легли на ГГЛ, отразили то представление об идеальности ТС, которое принято в ТРИЗ (М,Г,Э$\to$0, п$\to\infty$). Стало ясно, что без анализа части жизни ТС лежащей выше ГГЛ невозможно будет выяснить ни структуру законов, ни их механизмы, ни объяснить все существующее многообразие систем данного вида.

ДИАЛЕКТИКА РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

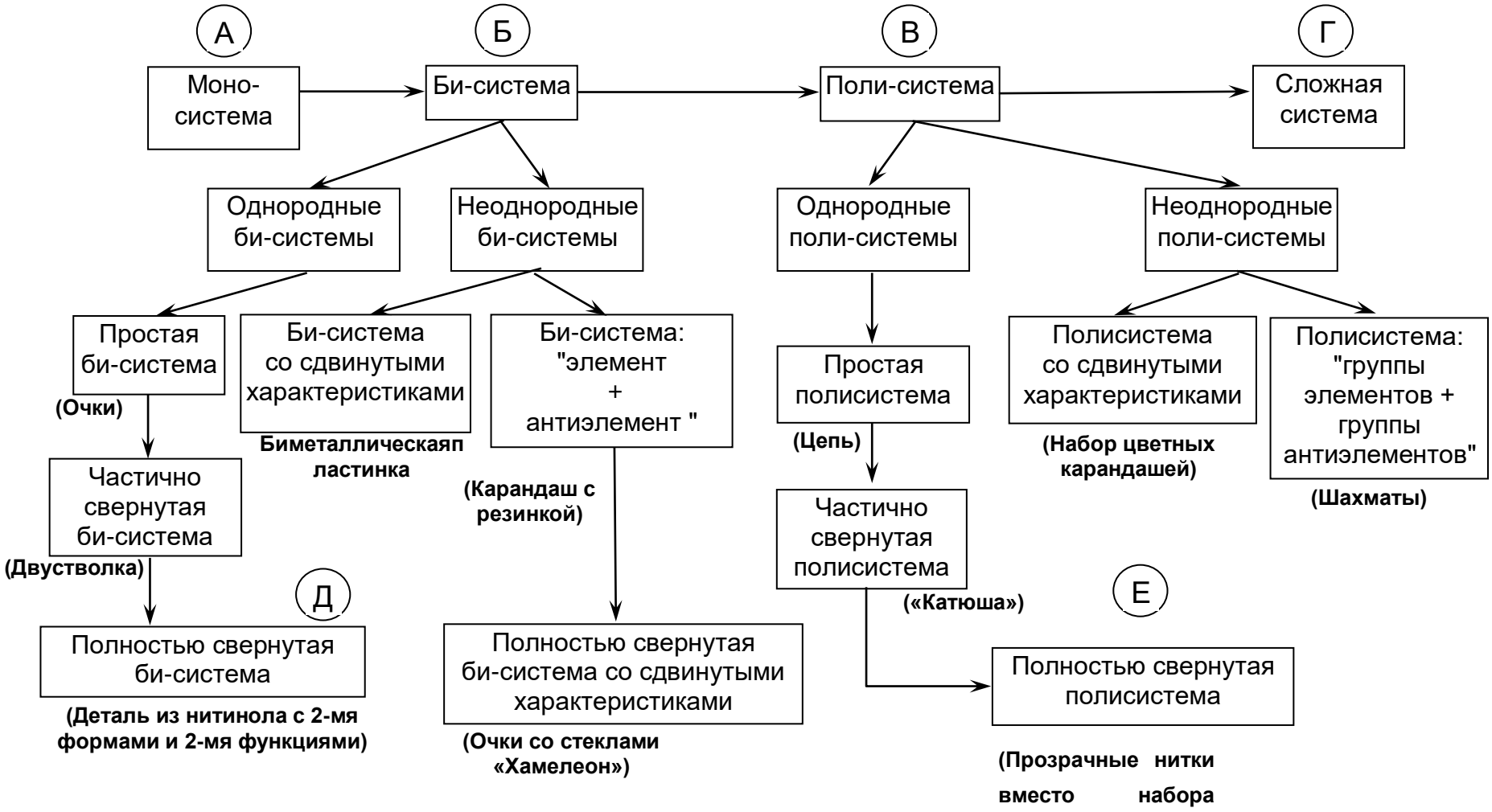


Рис. 65. Схема развития ТС по линии "моно - би - поли" (Г.С.Альтшуллер, И.М.Верткин, 1983 г.)

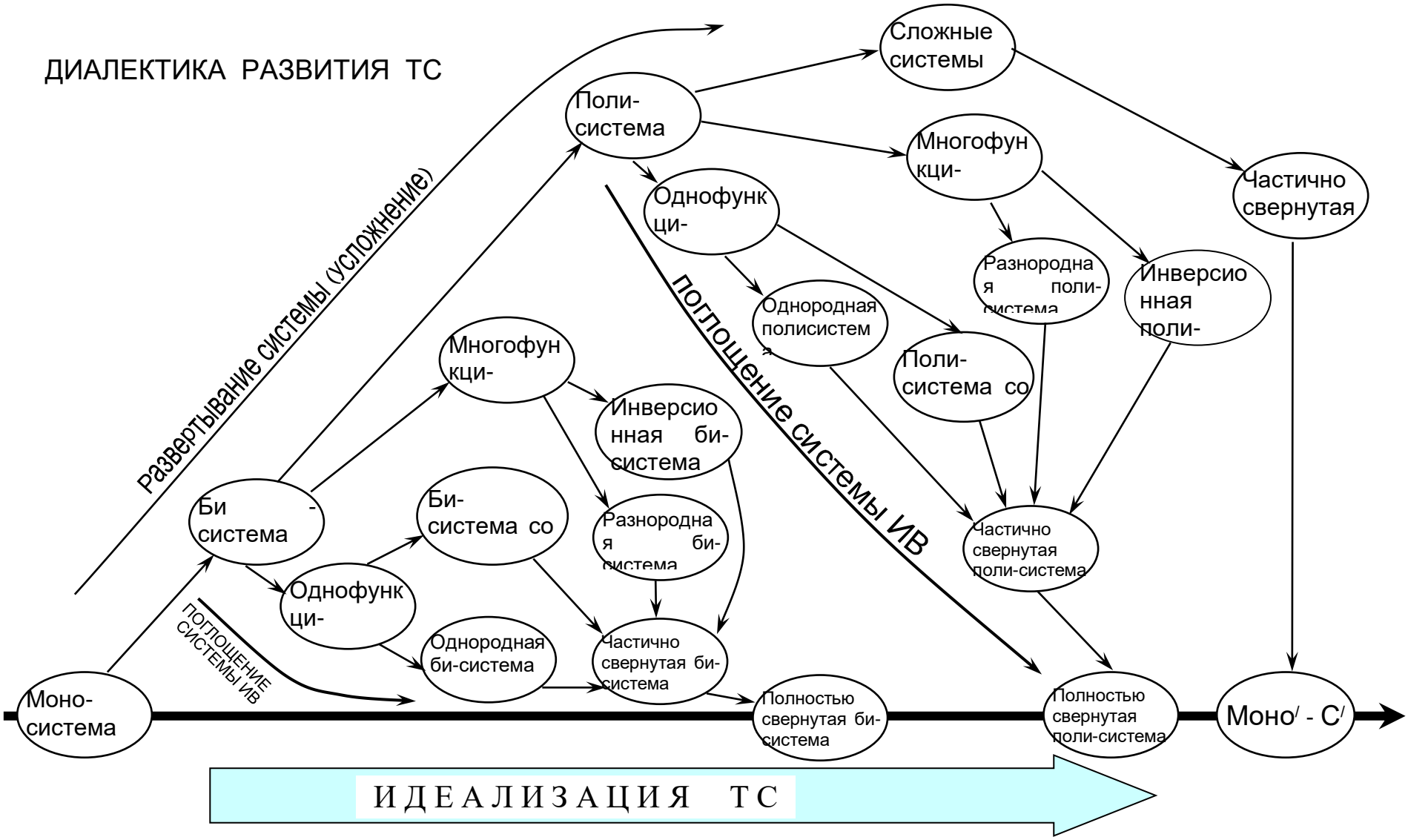


Рис. 66. Совмещение схем "моно - би - поли" и идеализации ТС

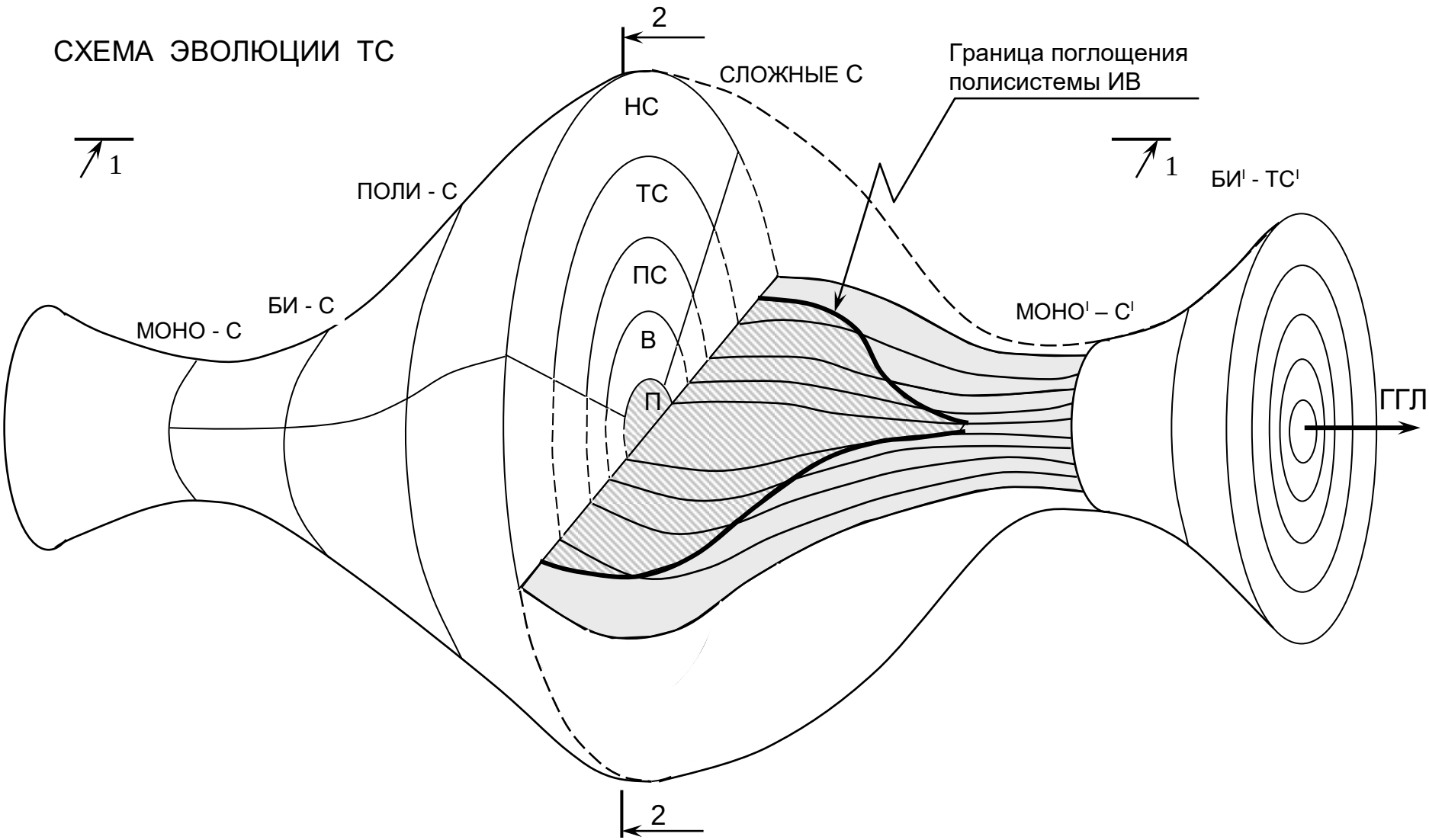


Рис. 67. Общая модель эволюции ТС

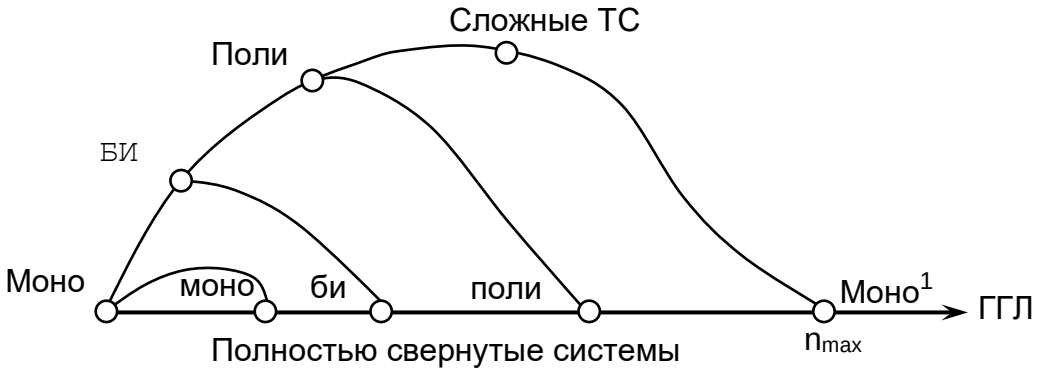


Рис. 68. Совпадение линий свертывания и идеализации ТС

Воображаемая линия, по которой происходит свертывание системы, показывает направление, по которому происходит идеализация ТС поглощением ее идеальным веществом, совмещающем в себе функции всех подсистем системы, которыми она обрастает в период развертывания. Схематично этот процесс может быть изображен в виде ГПФ, для осуществления которой ряд подсистем, выполняя свои полезные функции (ПФ), объединяются в одном веществе.

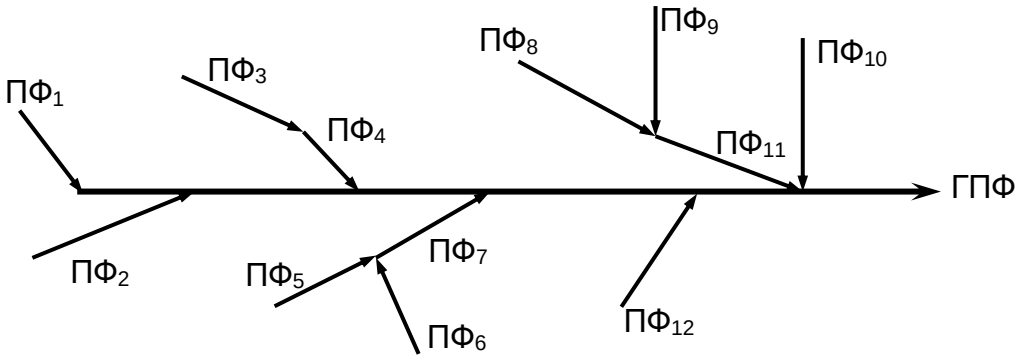


Рис. 69. Слияние полезных функций подсистем в ГПФ при их свертывании в идеальное вещество

Описанные процессы идеализации ТС протекают во времени и пространстве. Поэтому, чтобы полнее отразить эволюцию ТС, мы остановились на пространственно-временной модели эволюции в виде "бегущей волны идеализации" (рис. 67). Она отражает процесс развертывания моно-системы сначала в многообразие систем данного вида, а затем в би-, поли-, и сложные системы, с одновременно протекающим процессом поглощения системы идеальным веществом, найденным как на стадии синтеза, так и в процессе развития системы. Каждая из областей модели (П, В, ПС, ТС и НС) являются областью поиска функций подсистем, необходимых для повышения ГПФ системы. Поэтому данная модель может рассматриваться как модель развития ТС самых различных рангов, так и целого вида ТС или конкретной системы.

"Тонкая структура"

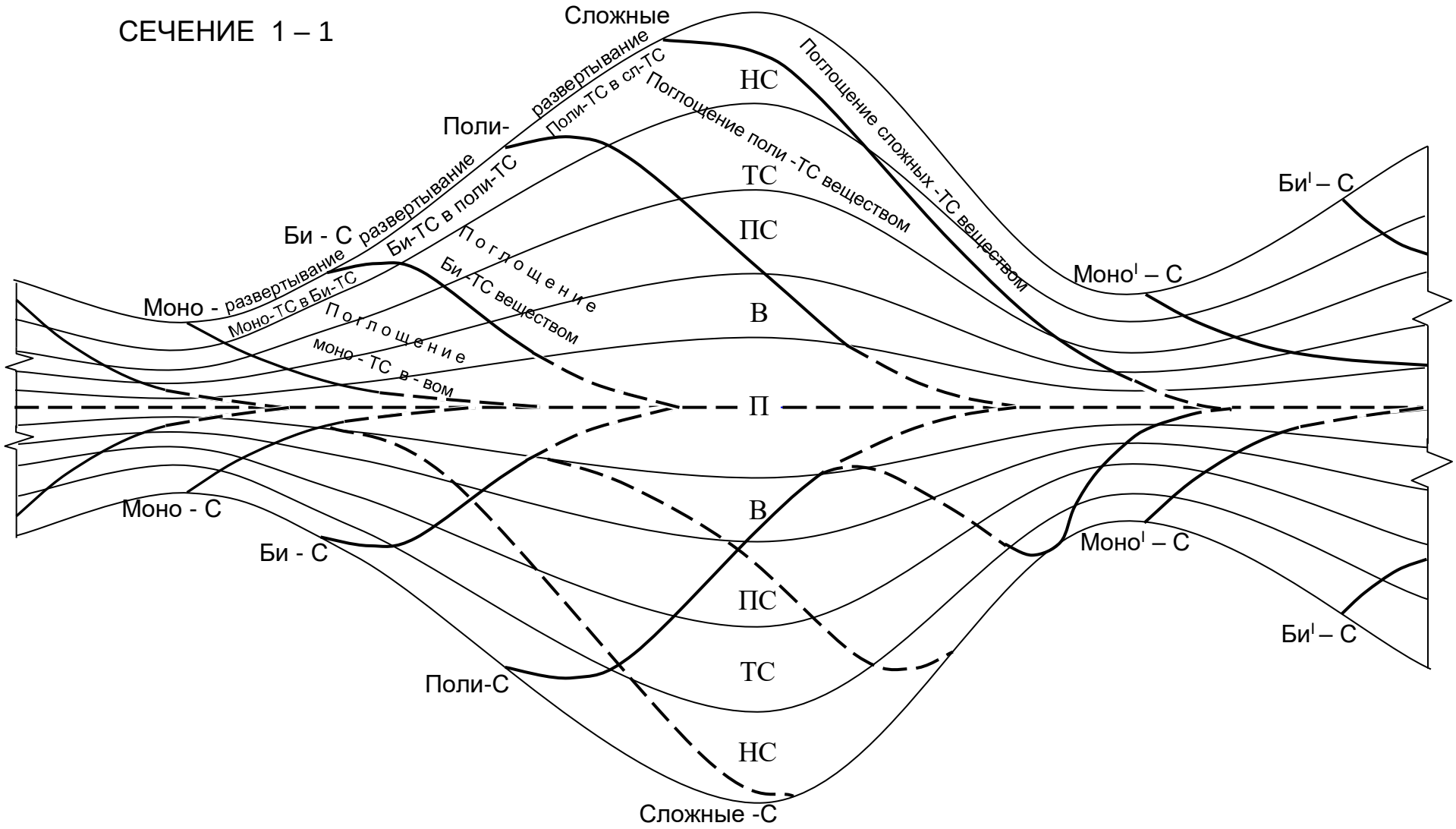


Рис. 70. Сечение 1-1 общей модели эволюции ТС (см. рис. 67)

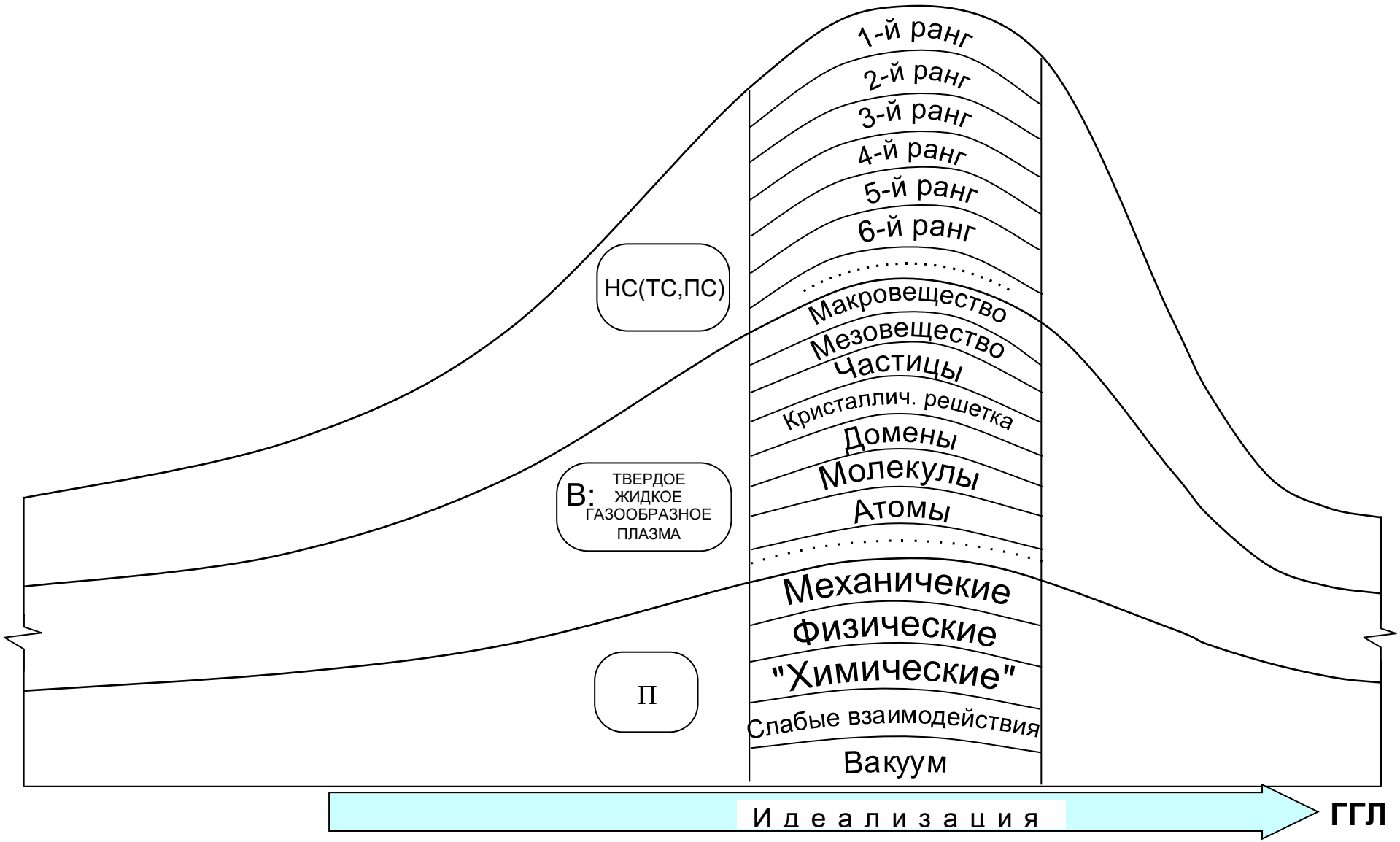


Рис. 71. Системная структура ТС (к сечению 1 – 1, рис. 70)

предложенной модели может быть уточнена в последующих разработках.

На рис.70 дано продольное сечение модели 1-1, показаны зоны развертывания и поглощения систем. Из нее следует, что в процессе поглощения системы веществом возможен переход ("заскок") системы в зону полей. Такие примеры известны, например, вместо перемешивающего устройства по пат. Японии №13171 используют электростатическое поле, заряжая вводимые порошкообразные добавки и жидкий металл разными зарядами.

Из модели следует также, что моно-, би-, поли- и сложные системы после поглощения идеальным веществом переходят в надсистемы (рис. 70), но уже в свернутом виде (рис. 70, пунктирные линии ниже линии ГГЛ).

На рис. 71 изображена структура каждой области. На уровне НС, ТС и ПС - это подобласти определенных рангов (в соответствии со схемой иерархии ТС - см. табл. 1 [3]). Каждый из рангов в свою очередь состоит из рангов более низкого порядка. В области вещества и поля также имеется своя "тонкая структура", отражающая организацию материи на уровне вещества и поля. Очевидно, что структура каждой из областей имеет более сложное строение. Однако это может быть уточнено только при специальном исследовании.

Предлагаемая модель эволюции ТС лишь в общих чертах отражает реальное развитие ТС. Это акт развития моно-ТС в моно$^{!}$-ТС. Модель развития конкретной ТС может выглядеть суперпозицией волн идеализации многих ее подсистем. Или, если это развитие целого вида ТС - суперпозицией волн идеализации всех ТС и их подсистем, имеющих общую ГПФ, но разный темп развития (T_i)

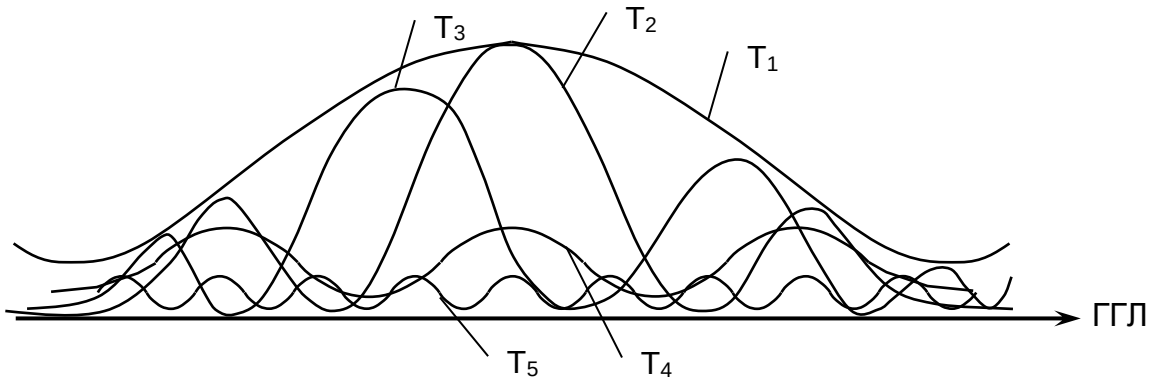


Рис. 72. Волны идеализации семейства ТС

Темп развития ТС зависит от многих факторов: общественной потребности, уровня знаний в конкретной области техники, наличия требуемых средств и материалов для совершенствования данной ТС, сложности решаемой задачи и т.д. В идеале все перечисленные составляющие должны иметь один общий темп развития. В авангарде, с некоторым опережением, должны идти научные знания о перспективах развития ТС по ГГЛ и прогноз потребностей общества по развитию ТС.

2.4. Взаимодействие законов развития технических систем в процессе эволюции.

Взаимосвязь *закона увеличения степени идеальности* с другими законами развития ТС, а также выявление зависимостей законов друг от друга - одна из целей данной работы.

Как отмечалось в предыдущих главах, развитие ТС протекает в результате взаимодействия двух процессов: объединения и дифференциации подсистем системы. Оба процесса связаны с определенными группами законов. В целом же они направлены на повышение степени идеальности ТС по ГГЛ. Это достаточно ярко показано на анализе развития тепловых труб.

На начальном этапе развития - этапе синтеза ТС решающую роль играют законы статики: закон полноты частей системы, законы энергетической проводимости и согласования ритмики частей системы.

Иерархичность ТС и их многоуровневость предопределяют свои особенности проявления законов развития. Например, чем выше ранг ТС, тем больше особенностей, характерных для низких рангов, включается в работу, давая в итоге суммарный эффект. На уровне вещества, например, в период синтеза ТС особую роль играет принцип ВПФ-совместимости, являющийся частным случаем более общего закона согласования, но проявляющийся на более низких рангах ТС, а также при переходе ТС с макро- на микроуровень и при повышении организации системы (примеры - микросхемы, ТТ по а.с. СССР 1 070 421 и др.). Так, по а.с. СССР 504 049 для того, чтобы тепловая труба выполняла свою ГПФ и потребности НС, в которую она входит, ее корпус выполнен из материала с эффектом памяти формы. Гибкость корпуса потребовала соответствующей гибкости и от КПМ, и от теплоносителя - ВПФ-совместимости с материалом корпуса и КПМ по ГПФ системы.

При поиске состава ТС на этапе синтеза закон согласования играет решающую роль, т.к. от него зависит жизнеспособность ТС и соответствие выполняемой ею ГПФ, той ГПФ, которую необходимо получить для удовлетворения соответствующей потребности надсистемы. Например, из набора всевозможных веществ, подсистем и систем в период синтеза ТТ выбраны только те, которые лучше других выполняют требуемую ГПФ и лучше других согласуются между собой.

Каждая ТС предназначена для выполнения определенной работы, а для этого потоки Э, В и И, получаемые ею, должны преобразовываться ее двигателем в нужные ей виды Э, В и И, и по определенному каналу (трансмиссии) транспортироваться той или тем подсистемам (рабочему органу), которые должны превратить их в продукцию. А для того, чтобы потоки Э, В и И попали в нужную подсистему, нужны подсистемы, которые управляли бы этими потоками, а также всей ТС в соответствии с потребностями надсистемы. Т.е. соблюдение закона энергетической (или шире - Э, В, И) проводимости ко всем частям системы, является непременным условием обеспечения функционирования всей ТС. Например, если в ТТ к зоне нагрева не подводить

тепло и не подавать поток вещества от зоны конденсации - система будет не в состоянии выполнять свою ГПФ. Нарушение этого закона видно на ТТ Уэйта (США, 1965) - неконденсирующийся газ блокирует часть зоны конденсации (из-за нарушения принципа ВПФ-совместимости или закона согласования), выключая ее из работы.

Взаимодействие законов статики на этапе синтеза системы схематично можно изобразить в следующей последовательности.

1. Формирование цели (передача тепла от точки А к точке Б с большой скоростью).

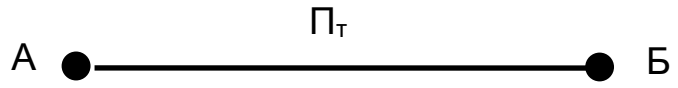
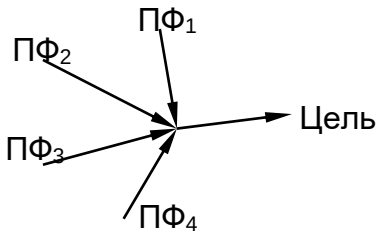


Рис. 73. Цель - передача тепла от точки А к точке Б

2. Построение мысленной модели ТС (на основе имеющихся знаний).



где: ПФ1 - полезная функция двигателя.
ПФ2 - трансмиссии
ПФ4 - рабочего органа
ПФ3 - органа управления.

Рис. 74. Модель ТС на основе полезных функций

3. Поиск компонентов ТС с нужными ПФ 1 - 4.

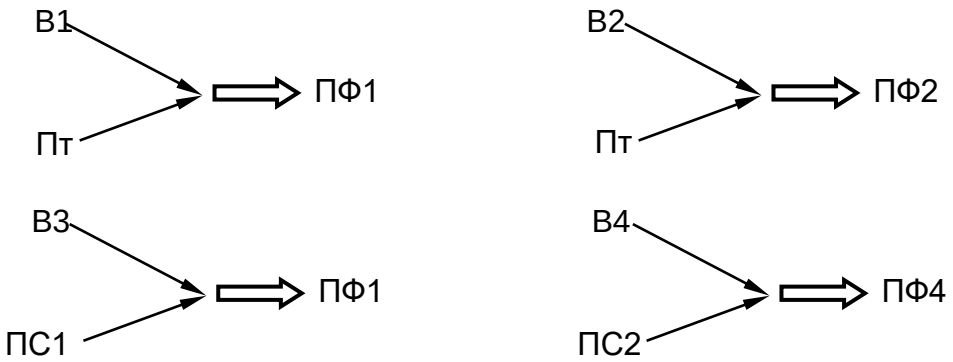


Рис. 75. Поиск веществ и синтез подсистем
для выполнения полезных функций

4. Формирование состава ТС из найденных компонентов.

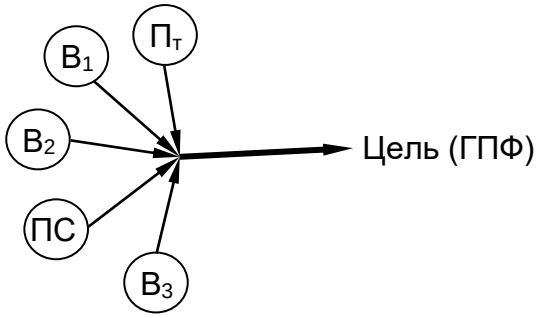


Рис. 76. Состав ТС из найденных компонентов

5. Поиск структуры ТС.

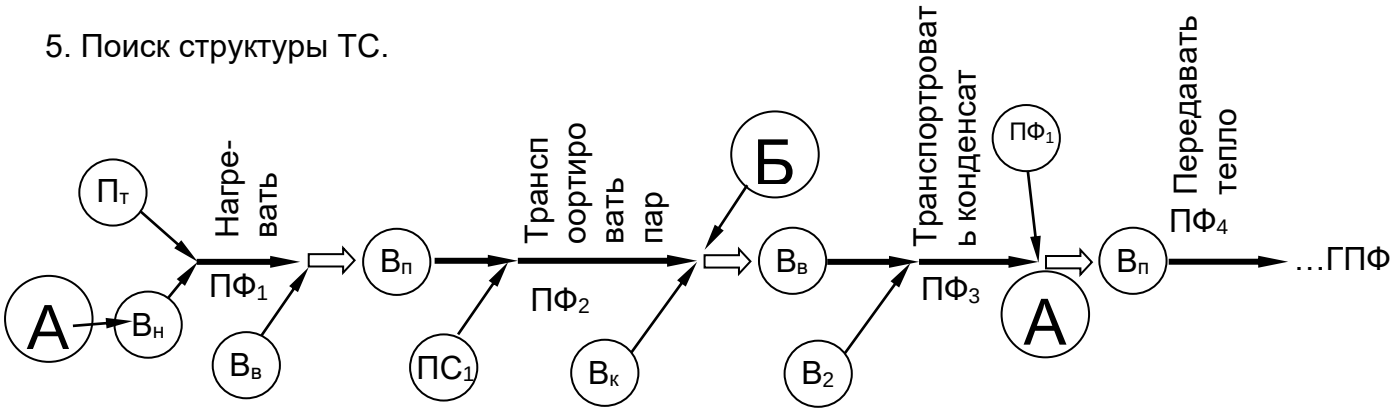


Рис. 77. Структура ТС

6. Развитие найденной “классической" схемы ТС

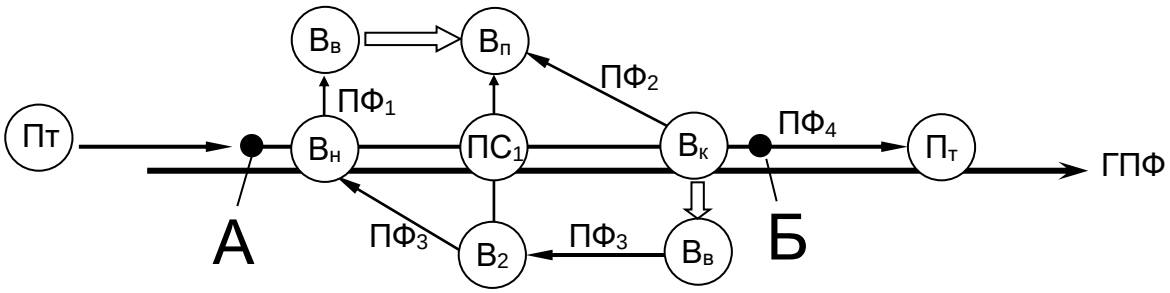


Рис. 78. Дальнейшее развитие ТС

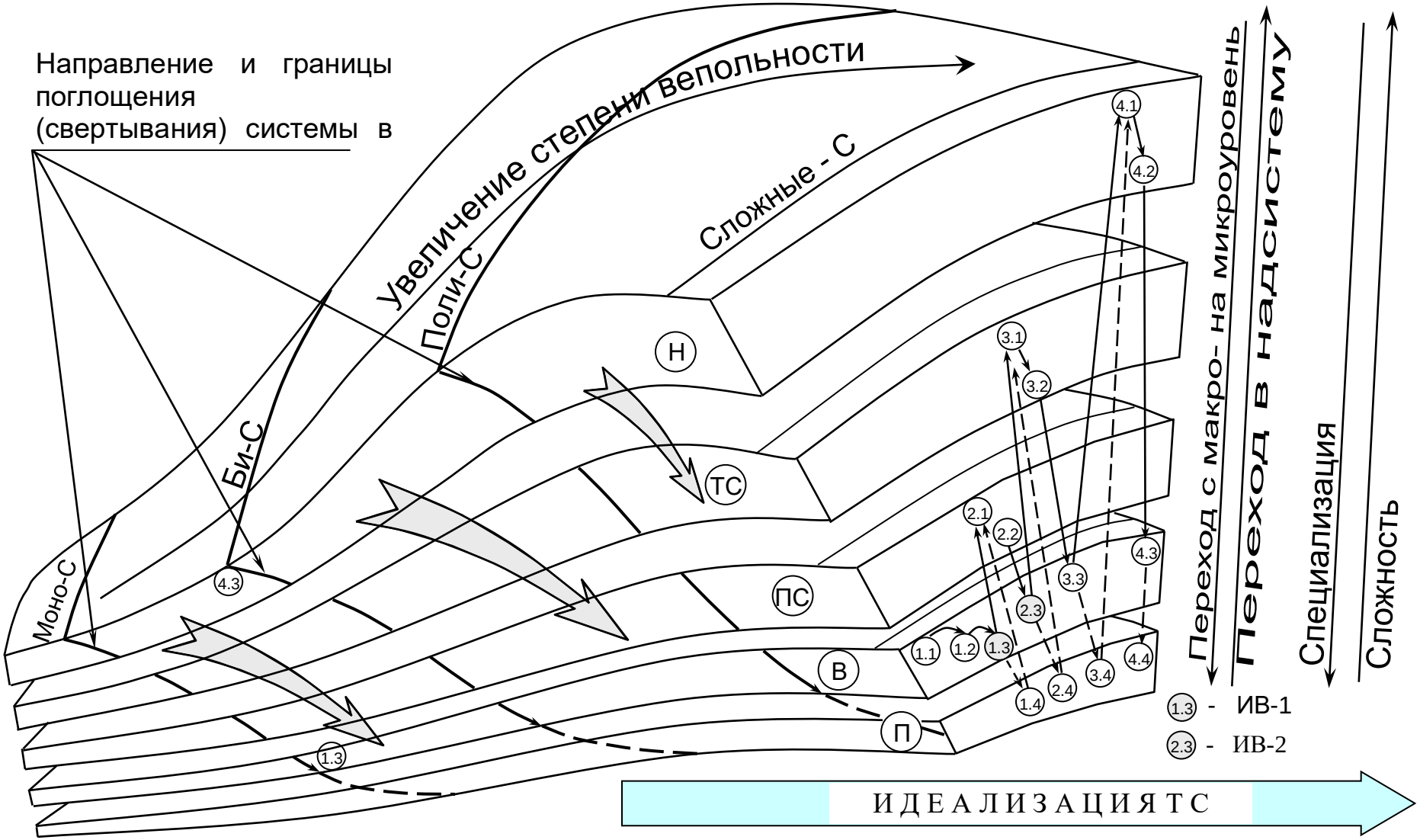


Рис. 79. Процесс поглощения ТС идеальным веществом

Поиск "состава" системы на стадии синтеза представляет собой пересечение "волны идеализации" различных В, ПС, ТС и НС, "удачные" сочетания которых (обеспечивающие требуемую ГПФ) порождают новую систему, а значит и новую волну идеализации.

С рождением ТС начинается период ее массового применения. Система совершенствуется, обрастает подсистемами обслуживающими ее, усложняется. С усложнением ТС повышается степень ее вепольности (см. рис. 79). Воображаемая плоскость, проведенная через линию увеличения вепольности и ГГЛ отражает этапы развития веполей при развертывании системы и поглощении ее идеальным веществом (свертывании). Процесс поглощения ТС идеальным веществом отражен на рис. 79 и на рис. 84. Восходящая линия на рис. 79, - это процесс перехода от неполных веполей к веполям, затем от простых к цепным и сложным на макроуровне. Нисходящая линия, указывающая направление поглощения системы в идеальное вещество, - увеличение управляемых связей в системах, увеличение степени дисперсности, особенно в зоне ТС из шариков, порошка (см. рис.104), переход к феполям, а затем к двойным, цепным и сложным веполям (за счет совмещения подсистем в одном ИВ на микроуровне).

Из разреза волны идеализации следует, что чем выше область (ранг) ТС над областью полей, тем менее управляемые поля используются в ТС (в соответствии с принципом ВПФ-совместимости по ГПФ), и, чем ниже область ТС, например, область вещества, тем сильнее взаимодействие между полями и веществами и тем более управляемые поля применяются в ТС; причем эти поля на несколько порядков слабее полей, используемых в надсистеме. Схематично это изображено на рис. 80.

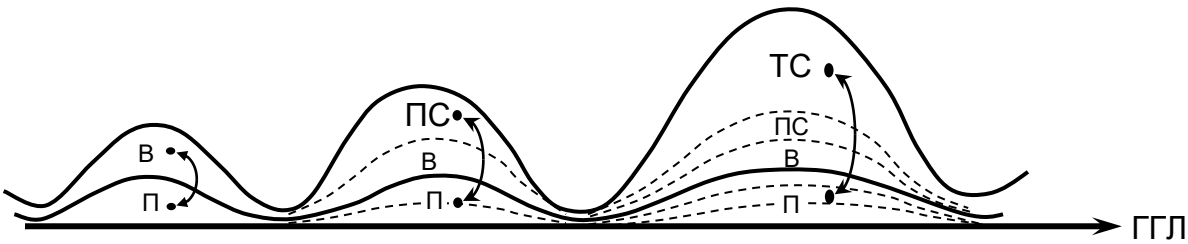
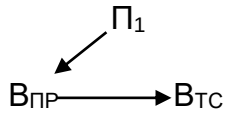


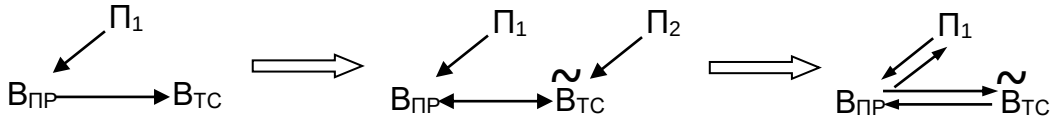
Рис.80. Чем дальше от поля отстоит ранг системы, тем более сильные и менее управляемые поля используются

Таким образом, закон увеличения степени вепольности - это одна из сторон развития ТС, ответственная за поиск новых подсистем с целью выявления новых функций будущего идеального вещества.

При взаимодействии ТС и ОС образуются вепольные системы, включающие природные объекты и поля в качестве составляющих компонентов. В этот период жизни ТС решающую роль начинает играть закон динамизации ТС, обеспечивающий ей организацию не ниже организации ОС, адаптацию к ОС и, затем, (используя ее же "силу") воздействие на нее. Все это вызывает необходимость переходить к форсированному (динамичному) веполю.



Из приведенной вепольной формулы ясно, что для сопротивления воздействию ОС, имеющей более высокую организацию, ТС должна стать управляемой, чтобы "пересилить" эту организацию.



Где: $П_1$ - поле из ОС; $В_{ПР}$ - природная система; $В_{ТС}$ - ТС,
$П_2$ - поле управляющее ТС.

Подробно процесс динамизации ТС описав в главе 4.

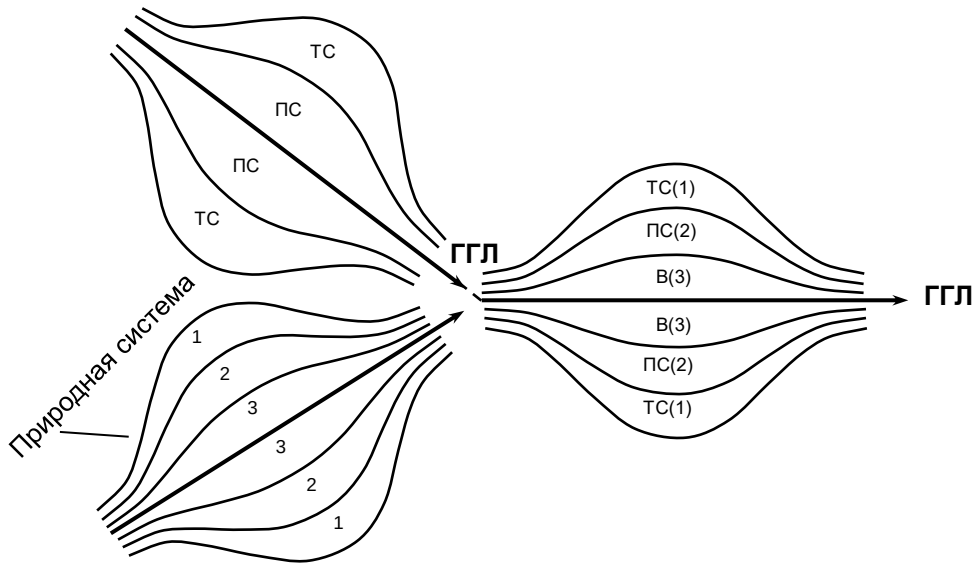


Рис. 81. Развитие (усложнение, увеличение управляемости) ТС
под действием претензий природных систем

Как уже было сказано, в период развертывания ТС происходит противоположный ему процесс - поглощения ТС идеальным веществом. Этот процесс протекает одновременно с переходом системы с макро- на микроуровень. Путь этого перехода зависит от ранга системы. Чем выше ее ранг (см. рис.84), тем сложнее и длиннее он. Прежде чем ТС высшего ранга перейдет на микроуровень, на микроуровень должны перейти ее подсистемы самых низших рангов, поглотившись идеальным веществом. Например, чтобы НС (т. 4.1 рис.84) перешла на микроуровень, ее подсистемы должны пройти путь 1.1 - 3.3. - 4.1. (рис. 84) Такой путь прошли в своем развитии, например, электронные приборы, поглотившиеся в одну микросхему.

Итак, переход системы более высокого ранга на микроуровень начинается с ее подсистем более низкого ранга. И начинается этот переход с отыскания и перехода одной из подсистем (чаще на ранг выше той подсистемы, которая непосредственно испытывает претензии ОС) в идеальное вещество ИВ-1.

С переходом с макро- на микроуровень ранг системы постепенно уменьшается, но повышается уровень ее организации за счет совмещения в одном ИВ всех составляющих ТС (двигателя, трансмиссии, рабочего органа и органа управления). Или: функции управления и обеспечения энергией ТС передаются в надсистему.

Поглотившись ИВ, ТС в новом виде быстро переходит на более высокие ранги (пунктирная линия - см. рис. 82) за счет своей применимости. Тем самым сокращается теоретический путь развития ТС (сплошная линия) следующего уровня сложности (би-, поли- и сложные ТС). Затем би-, поли- и сложные ТС проделывают аналогичный путь развития, еще дополнительно сокращая теоретический период идеализации ТС в целом.

В итоге реальное развитие оказывается по времени короче теоретического.

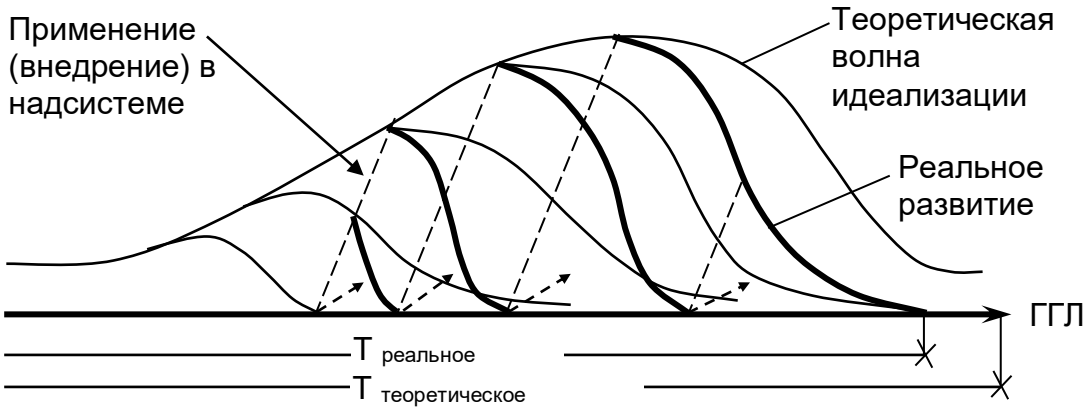


Рис. 82. Теоретический и реальный процессы идеализации ТС

Здесь следует коснуться развития органов управления. Во всех случаях, чтобы эффективно управлять ТС, иметь соответствующий отклик на претензии ОС и потребности со стороны человека, органы управления должны иметь организацию несколько выше, чем любой из элементов системы. Этим требованием и вызвано быстрое развитие и усложнение органов управления и, в частности, такой отрасли техники, как микроэлектроника, как одной из областей техники максимально участвующей в развитии органов управления ТС.

Описанные выше законы неизбежно проявляются и на этапе динамизации ТС (см. гл. 4), когда претензии ОС начинают интенсивно проникать в ТС, вызывая у последних потребность адаптироваться к ОС, а затем и управляя ею. Проникновение претензий ОС на ту или иную "глубину" в ТС приводит к неравномерности развития частей системы. Кроме претензий ОС (включающей

внешнюю - природную среду и внутреннюю среду ТС, а также среду техническую), ТС испытывает претензии со стороны общества в виде потребностей. Неравномерность развития частей системы хорошо заметна на схемах - рис. 116,117, а также схемах, иллюстрирующих динамизацию ТС.

До сих пор в ТРИЗ основное внимание исследований было направлено на анализ второго этапа развития ТС - этапа свертывания (поглощения) ТС. Тогда как значительная часть жизни ТС уходит на этап развертывания, когда происходит усложнение ТС в целях поиска, выявления новых функций.

Закон усложнения организации ТС, суть которого заключается в том, что необходимым условием развития ТС является усложнение ее организации за счет повышения степени системности и развития вещества ее подсистем.

Повышение степени системности происходит за счет объединения нескольких ТС в одну большую надсистему, а затем, после поглощения ее идеальным веществом, проходящим через ряд законов (динамизацию, переход с макро- на микроуровень, переход от однородных систем к неоднородным, композитам) и тенденций, превращения ее в ТС с высокоорганизованным веществом.

Действие закона сопровождается такими тенденциями, как объединение ТС в сложную систему (развертывание) и дифференциация по подсистемам и выполняемым функциям, универсализация и специализация, адаптация и антиадаптация. И на каждом этапе развития уровень сложности организации ТС должен быть не ниже уровня сложности организации окружающей среды. Система должна уметь давать отклики на все конфликтующие с ней претензии ОС и предъявляемые к ней потребности. Причем, по разнообразию ТС и выполняемых ими функций ТС стремятся не отстать от разнообразия воздействующих на них претензий ОС и потребностей со стороны общества. Увеличение разнообразия ТС, а затем совмещение найденных в разных системах функций - это и есть разрешение противоречия между разнообразием, усложнением ТС и их идеализацией.

Таким образом, вся гамма законов и тенденций развития технических систем, находясь во взаимодействии друг с другом, направлена на совершение главного процесса - идеализации систем по главной генеральной линии развития.

ГЛАВА 3. ЭВОЛЮЦИЯ ВЕЩЕСТВА В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: ЭТАПЫ ИДЕАЛИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ТС "ТЕПЛОВАЯ ТРУБА"

3.1. Этажная схема идеализации вещества.

При изложении многих разделов данной работы использовалось новое понятие - ***идеальное вещество (ИВ)***. В одних разделах оно лишь упоминалось, в других - использовалось с более подробным изложением вкладываемого в него смысла.

Необходимость введения нового понятия очевидна: значительные качественные скачки в процессах синтеза и развития ТТ, как технической системы, были получены главным образом за счет введения в нее новых веществ, поглотивших подсистемы, а не за счет перехода этой ТС в надсистему (рис. 83).

Разумеется, диктат надсистемы является определяющим фактором развития ТТ (от ТТ Гровера и далее). Именно надсистемные требования "заставляют" эту ТС приобретать новые полезно-функциональные подсистемы. Однако эти подсистемы, с небольшим временным интервалом запаздывания, тут же поглощаются, заменяются, появившимся в системе идеальным веществом.
Эта особенность в развитии ТС диалектически противоположна закону перехода ТС в надсистему (исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из ее частей; при этом дальнейшее развитие идет на уровне надсистемы).

Диалектическая связь "переход в надсистему - идеализация вещества" является одним из наиболее сильных проявлений закона единства и борьбы противоположностей в технике (рис. 84).

Процессы обрастания ТС полезно-функциональными подсистемами, "моно- би-поли"-зация и другие тенденции в развитии техники характеризуют непрерывно идущую надстройку системных этажей. Одновременно с этим, с небольшим разрывом (буквально в несколько иерархических этажей) идет процесс поглощения ПС и ТС веществом. При этом поглощенные системы уходят все глубже в вещество, включаются в работу все более низкие этажи (подуровни) вещества - вещество все в большей степени идеализируется.

Этот процесс (постоянной надстройки верхних "ступенек" иерархической лестницы и поглощения нижних), возможно, и есть базис идеализации технических систем, т.е. движения ТС по ГГЛ в ритме "бегущей волны идеализации". Момент взаимодействия и объединения этих тенденций (момент "встречи", когда разрыв по иерархической лестнице сокращается до нуля) это момент полного поглощения сложной системы веществом и образования новой моно-ТС (рис. 70). Отставание процесса идеализации вещества является причиной гигантизма некоторых современных ТС.

Остановимся более подробно на механизме идеализации вещества в ТС.

Легко заметить, что вещества, из которых состоит ТС, разные, они обладают

различными наборами свойств; даже свойства одних и тех же веществ в раз-

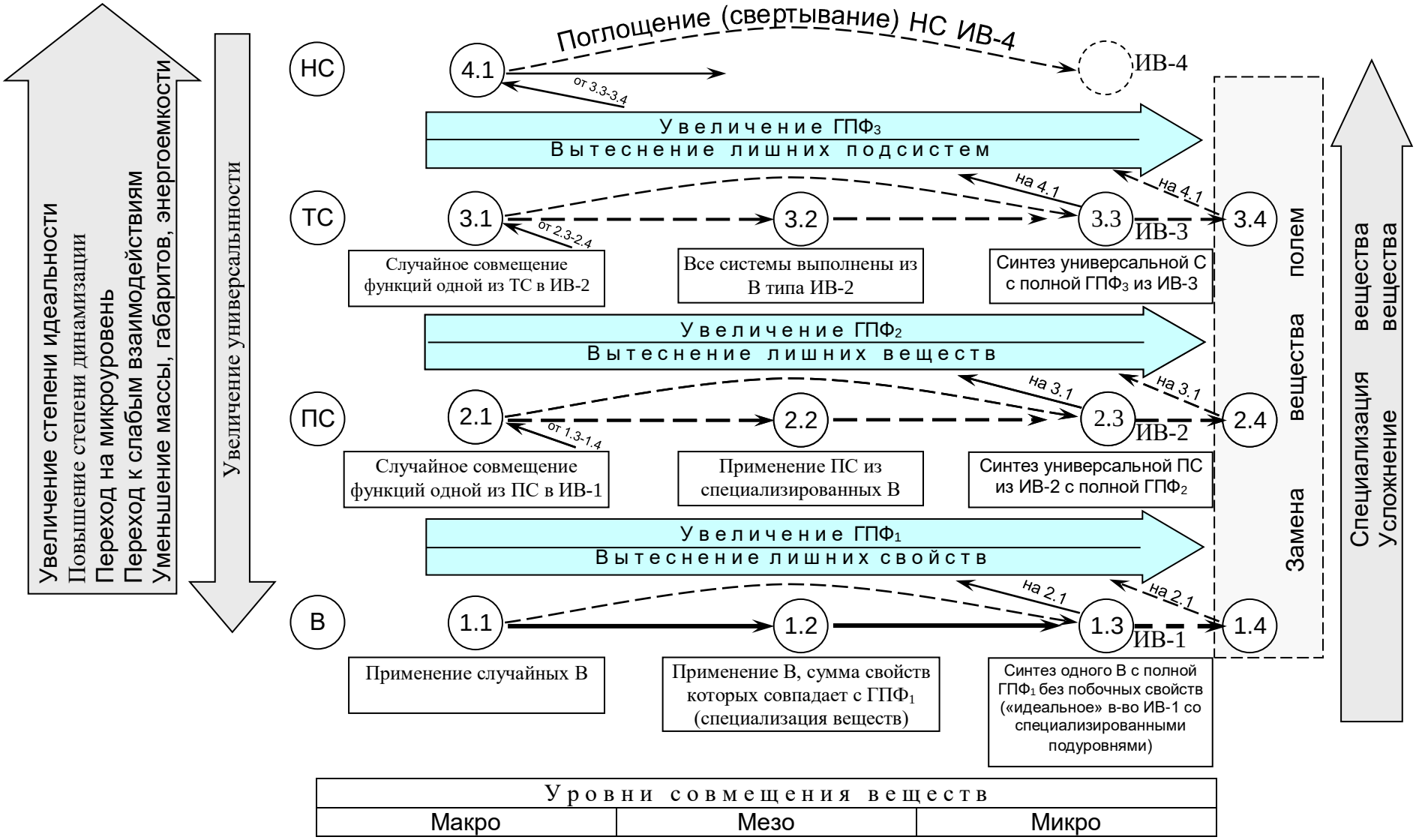


Рис. 83. Идеализация вещества в технических системах

ных системах используются по-разному. В одних ТС вещества и их свойства могут оказаться полезными, в других - вредными. Изучением и описание веществ и их свойств занимаются многие науки (химия, физика, материаловедение, геология, биология и т.д.), создаются различные классификационные системы (систематика материалов, таксономия материалов и пр.). Знание подобных классификаций, возможно, и облегчает решение конструкторских задач (при поиске компромиссного решения) и при решении изобретательских задач низших уровней. Однако уже решения задач 3-го уровня часто связаны с введением в ТС вещества, обладающего не просто суммой свойств, а выполняющего определенную полезную функцию. Решения задач 4-го и практически всех задач 5-го уровня основаны на синтезе новых веществ, обладающих особыми свойствами.

Любая классификация, конечно, хорошо различает такие, например, вещества как: сталь, электрет, фотохром, жидкий кристалл и т.д. Но как выбрать среди великого множества веществ[7], то вещество, которое даст толчок в развитии ТС? Как различать, оценивать и выделять в веществах главные их особенности? Как определять направления и цели синтеза новых веществ с нужными набором свойств и функциональных возможностей?

Здесь необходим подход к веществу с позиций ТРИЗ.
Вещество - это сложная иерархическая система с множеством этажей (подуровней), организаций, внутренними и внешними связями.

Этажи отличаются друг от друга качеством (новыми свойствами), которое обусловлено количественными изменениями (например, магнитные свойства появляются у системы, состоящей минимум из 7-10 атомов).

Например, для твердого тела можно выделить
♦ этажи: сплошной монолит, куски, зерна, дисперсные частицы, группы молекул, молекулы, группы атомов, ионы, атомы, элементарные частицы;
♦ организация (структура): гомогенная или гетерогенная, с армирующими наполнителями, пленки, многослойные структуры, кристаллы (моно-, поли-, микро-, жидкие), аморфные вещества, твердые растворы, сплавы;
♦ внутренние связи: металлическая, ионная, ковалентная, водородная, Ван-дер-Ваальса;
♦ внешние связи: отклики на поля:
- механические (удар, давление, вакуум, звуковые колебания и волны),
- физические (тепловые, электрическое, магнитное, ионизирующие излучения, УФ-излучения, видимые излучения, ИК-излучения, радиоизлучения, заряженные ядерные частицы, нейтральные ядерные частицы, потоки ускоренных частиц);
- химические (окислительные и восстановительные среды - газовые, жидкие, твердые; кислые и щелочные среды);
- биологические.

Могут быть следующие направления идеализации вещества:

---

[7] По последним данным известно: около 7 млн. органических и 180 тыс. неорганических соединений естественного и искусственного происхождения

- постепенное задействование всех уровней,
- преобразование вещества для ГПФ,
- комбинация первого и второго.

Третье направление используется чаще всего. Это не всегда осознанный, но целенаправленный поиск (синтез) В со свойствами и функциональными возможностями, максимально реализующих ГЛФ технической системы.

Обычно в момент возникновения новой ТС, обеспечивающей новую потребность, в ней используются случайные вещества ($В^{СЛ}$), свойства которых в какой-то степени соответствуют ГПФ. Затем нужное для ПФ подсистемы свойство В выделяется, очищается, усиливается. В ТС появляются специализированные вещества ($В^{СП}$).

Отличие специализированных В от случайных, в том, что $В^{СП}$ дают однозначный сильный отклик на действие П или второго В в веполе. В то время как отклик $В^{СЛ}$, нужный для выполнения ПФ подсистемы, может стоять в ряду других (вредных, лишних) откликов; при этом "шумовой" эффект может сильно заглушать ПФ.

$В^{СЛ}$ и $В^{СП}$ входят в обычные макро - веполи, не имеющие "второго дна". У этих В используются только макро - свойства.

Первый качественный скачок в развитии вещества происходит при поглощении веществом одного из элементов веполя (или, другими словами, включение в работу одного из подуровней вещества). Образуются вещества - осколки веполей:

($В^1$ ∞ $В^2$) - сплавы, смеси, композиты и др.;
(В' ∞ В'') - фазовые переходы 1 и 2 рода (жидкость-пар, нитинол и т.д.)

В — П - постоянный магнит, электрет, ксерогель, КПМ и т.д.

В — П, В — П' - фотохромы, фотогальванический эффект, жидкие кристаллы и т.д.

Это идеальные вещества нулевого порядка ($ИВ^0$). Их всего несколько классов – около десятка (здесь показано четыре). Эту вепольную классификацию можно развить, конкретизируя поля и типы структур веществ. $ИВ^0$ могут входить в любой веполь в качестве одного или обоих веществ.

Затем происходит поглощение веществом всего веполя (простейшей подсистемы), образуется $ИВ^1$ (гель, газогидрат и т.д.).

Далее: $ИВ^2$, $ИВ^3$ и т.д.
Т.е. процесс идеализации вещества идет по схеме:
(где-то среди высших порядков ИВ - живая материя(.

$$\mathbf{В \rightarrow ИВ^0 \rightarrow ИВ^1 \rightarrow ИВ^2 \rightarrow ... \rightarrow ИВ^П}$$

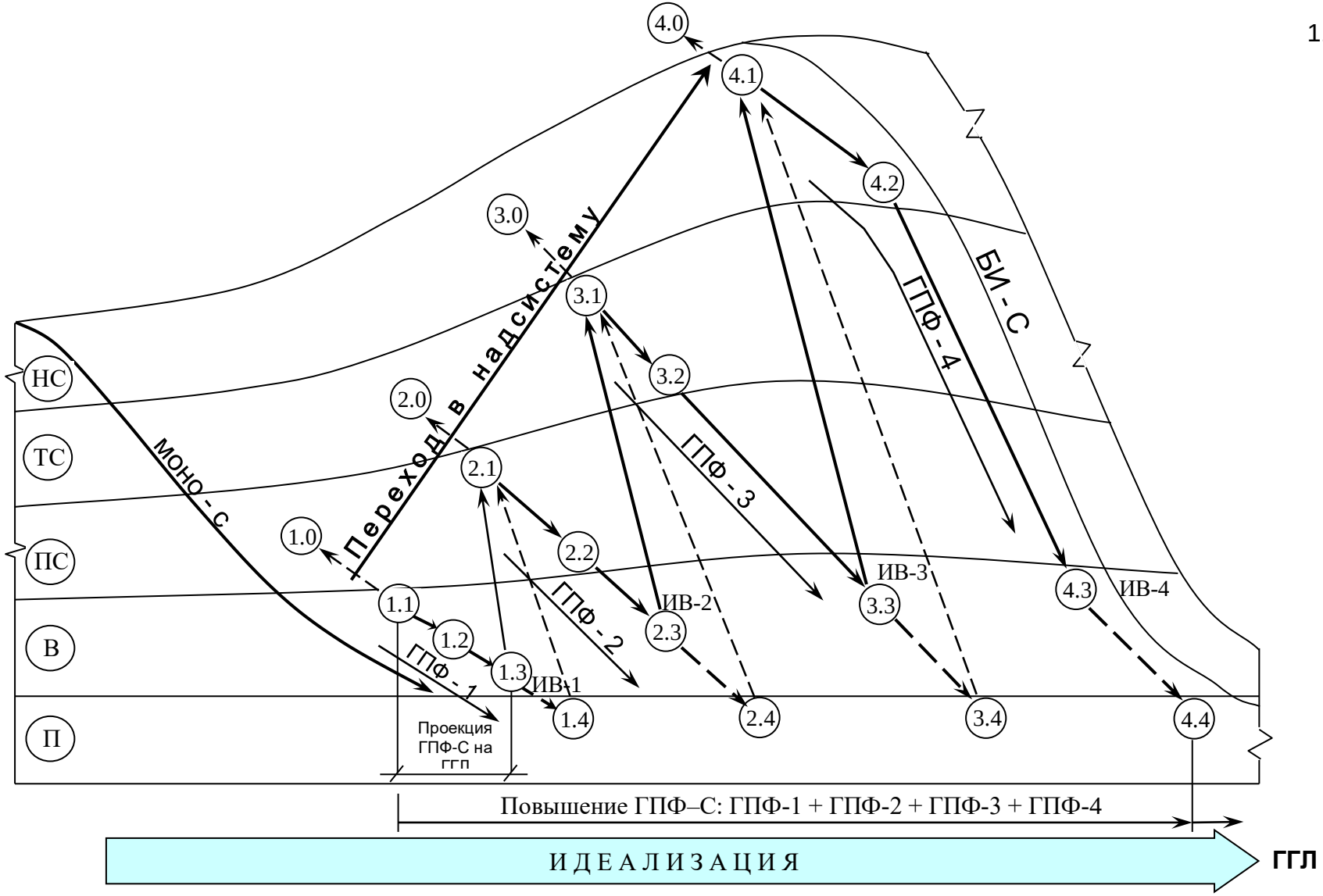


Рис. 84. Идеализация вещества на общей схеме идеализации ТС

Это взгляд снизу, с позиций (этажа) вещества. Если посмотреть на этот процесс с верхних ступенек иерархической лестницы:

... ← В ← ПС ← ТС ← НС

Следует отметить еще три момента, характерных для процесса идеализации вещества:

♦ вещества поглотившие неполные веполи наиболее “реакционноспособны", легко достраиваются до полного веполя в ТС;

♦ идеализации вещества сопутствует увеличение ПФ и ГПФ;

♦ применение ИВ в ТС смещает центр тяжести в технологию их изготовления; технология изготовления ИВ усложняется, а эксплуатация ТС упрощается.

На рис. 83 показана принципиальная схема идеализации вещества, на рис. 84 - схема привязана к общей схеме идеализации ТС.

3.2. Взаимодействие процесса идеализации вещества с известными законами развития технических систем.

Законы развития ТС, сформулированные к настоящему времени [1,2], справедливы и для развития В, поскольку В также является системой.

Интерпретация законов в приложении к процессу развития В может выглядеть следующим образом.

Статика

1. **Закон полноты частей системы.** Принципиальная возможность применения того или иного В в данной технической системе обуславливается хотя бы минимальным набором свойств и полезных функций, необходимых для выполнения ГПФ системы.
Следствие 1: чтобы В было управляемым, необходимо, чтобы хотя бы одно свойство В хорошо откликалось на управляемое воздействие поля или второго В.

2. **Закон энергетической проводимости системы.** Играет наиболее важную роль в процессах синтеза и развития рассматриваемой в настоящей работе ТС - тепловой трубы. Именно увеличение энергетической проводимости по тепловому полю является ГПФ системы. Связь между веществами, по которой осуществляется передача энергии от одной части системы к другой, испытывала во всех периодах развития наибольшие претензии внешней среды и потому изменилась наиболее быстро[8].

3. **Закон согласования ритмики частей системы**. О его взаимосвязи с ВПФ - совместимостью говорилось в разделе 1.3.

---

[8] Этот вопрос заслуживает специального исследования и будет рассмотрен в одной из следующих работ

Кинематика.

4. **Закон увеличения степени идеальности**. Детализации механизма действия этого закона посвящена вся данная работа.

5. **Закон неравномерности развития частей системы**. В процессе идеализации ТС претензии внешней среды действуют, в первую очередь, на вещество, заставляя его развиваться (идеализироваться). Чем больше идеализируется В, тем в большей степени создается неравномерность развития ТС. Причем каналом проникновения претензий ВС является ИВ. Ближайшие к ИВ части системы испытывают наибольшие воздействия ВС. Очаг идеализации, возникший в месте появления одного ИВ, распространяется все дальше, захватывая в конечном итоге, всю ТС.

6. **Закон перехода в надсистему**. См. раздел 3.1.

Динамика.

7. **Закон перехода с макроуровня на микроуровень.** Весь процесс синтеза и развития ТТ это последовательные этапы перехода с макро- на микроуровень. Основной смысл эволюции вещества в ТС - включение в работу все более нижних микроуровней вещества.

8. **Закон увеличения степени вепольности**. Отражает лишь часть общего процесса развития ТС - период развертывания полезно-функциональных подсистем. Вторая часть процесса - уменьшение степени вепольности (макровепольности) основывается на поглощении систем идеальным веществом.

ГЛАВА 4. ДИНАМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ: АДАПТАЦИЯ, МЕХАНИЗМЫ, ДИАЛЕКТИКА ПРОЦЕССА.

4.1. Динамизация как необходимый этап развития технических систем.

4.1.1. Что такое динамизация?

С первых моментов "жизни" ТС она начинает испытывать на себе воздействия природной среды. Но кроме них она испытывает на себе и потребности, которые предъявляет к ней общество, человек. Вот в этот период и начинается для "молодой" технической системы великая "драма идей" (изобретательства с целью "ухода" от претензий). Она "ломается", вначале поддаваясь и приспосабливаясь к силе окружающей среды, затем, используя ее силу, направляет ее против самой же среды, и, наконец, "ломает" саму среду, изменяя её так, как это нужно ТС или человеку. В противном случае она не проходит отбор, производимый человеком, и "погибает", не успев развернуться в сложную систему и дать многообразие своего вида.

Этот этап в жизни технических систем называется ***динамизацией*** [1]. Для современных технических систем эта тенденция является определяющей и главной [3].

По общему определению ***динамизация - это приспособление (адаптация) ТС к меняющейся взаимодействующей с ней окружающей среде (ОС).***

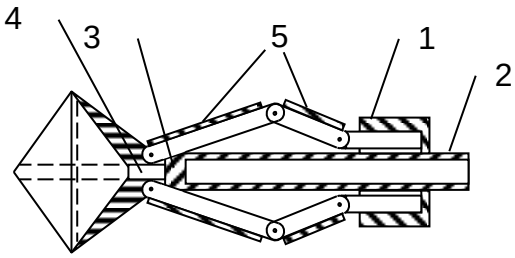
"Молодые" технические системы имеют преимущественно жесткие связи между частями и жесткую структуру, которые не позволяют им адаптироваться к меняющимся условиям ОС. Однако, в процессе развития системы жесткие связи и структура заменяются на подвижные, гибкие, динамичные, легко поддающиеся управляемому изменению. Причем степень этой подвижности постоянно увеличивается при "освоении" среды путем введения новых гибких, подвижных связей. Это вызвано, как уже отмечалось в разделе 2.2.1., многоуровневостью ОС. Поэтому увеличение степени динамизации - один из объективных и важных законов развития технических систем.

Поясним это на примерах.

Д1[9]. А.с. СССР 201 968 (БИ, 18-1967 г.). Устройство для выполнения скважин под набивные сваи в связанных грунтах методом вдавливания, включающее обсадную трубу со штангой, снабженной наконечником, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью обеспечения возможности последующего уширения скважины, нижний конец обсадной трубы образован из отдельных, имеющих возможность складываться частей, соединенных шарнирно между собой и с опорным башмаком. на который воздействует наконечник штанги.

---

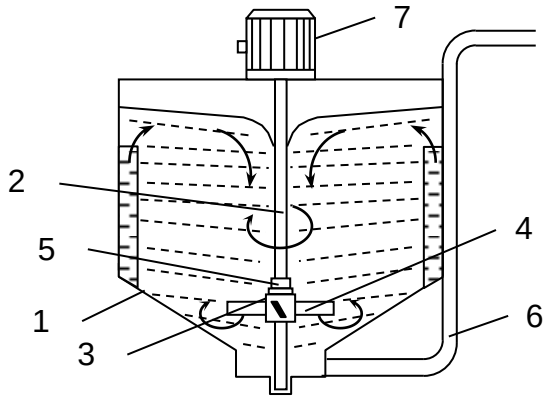
[9] В разделе динамизации принята иная система обозначения и нумерации карточек: Д - динамизация, 1 - порядковый номер.



1 - обсадная труба
2 - штанга
3 - наконечник
4 - опорный башмак
5 - подвижные части

Рис. 85. Устройство для выполнения скважин под набивные сваи

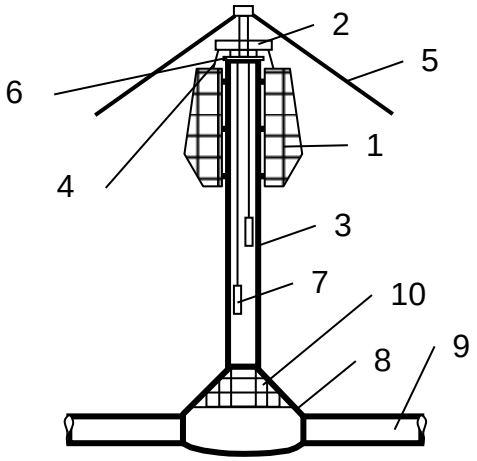
<u>Д-2.</u> А.С. СССР 472 673 (БИ, 21-1975). Устройство для перемешивания жидких материалов, содержащее емкость с выгрузным патрубком в нижней части и установленную в ней на вертикальном валу мешалку, лопасти которой закреплены на ступице под утлом, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью более эффективного перемешивания различных по своим физико-механическим свойствам материалов, <u>мешалка установлена с возможностью перемещения вдоль</u> вала, а вал снабжен регулируемым по высоте упором.
2. Устройство по п. 1, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что с целью увеличения производительности при выгрузке смешанного материала, ... каждая лопасть закреплена на ступице с возможностью поворота относительно горизонтальной оси, смещенной от оси ее симметрии, при этом ступица снабжена упорами, размещенными по обе стороны оси поворота лопасти и установленными на разном расстоянии от нее для самоустановки лопастей под воздействием смешиваемой массы на различный угол в соответствии с процессами смешивания или выгрузки корма.



1 - емкость
2 - вертикальный вал
3 - мешалка
4 - лопасти мешалки
5 - ступица
6 - выгрузной патрубок
7 - электродвигатель

Рис. 86. Устройство для перемешивания жидких материалов

<u>Д-3</u> А.с. СССР 787 585 (БИ, 46-1980 г.). Подвесное многоэтажное здание, включающее несущий ствол с оголовком, подвески, этажные конструкции и амортизаторы, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью улучшения условий эксплуатации и комфортности жилища, оголовок снабжен установленным на нем с возможностью вращения опорным кольцом, к которому подвешены этажные конструкции с возможностью их одновременного перемещения вдоль ствола на подвесках и вращения вокруг ствола, а верх последнего раскреплен оттяжками.



1 - этажные конструкции
2 - опорное кольцо
3 - ствол
4 - стальные канаты
5 - оттяжки
6 - оголовок
7 - лифты
8 - фундамент
9 - метрополитен
10 - склады

Рис. 87. Подвесное многоэтажное здание

Изобретения из разных областей техники, но суть технических решений одинакова

Чтобы повысить управляемость системы, предложено заменить жесткое соединение между частями на нежесткое, подвижное. Это позволяет лучше приспособиться к меняющимся условиям: когда надо бурить скважины одного диаметра, и, когда - делать уширения в ней; регулировать положение мешалки по высоте и угол наклона ее лопастей; регулировать положение жилищ вращением их вокруг ствола и перемещением по вертикали в зависимости от их освещенности.

Патентный фонд изобилует множеством подобных решений. Суть примерно 20% современных технических решений сводится к тому, что вводится нежесткая, подвижная связь или связи, используются гибкие элементы и т.п.

Причем, переход от жесткой системы к нежесткой, поддающейся управляемому изменению не произволен, а закономерен и имеет определенную направленность - стремление приспособить ТС к меняющимся условиям, чтобы в итоге повысить идеальность системы.

Вот два типичны[примера.

1. Динамизация громкоговорителя. В любом громкоговорителе имеется мембрана (диффузор) колеблющая воздух в ритм переменному току звуковой частоты, поступающему от усилителя к катушке, в которой он преобразуется в переменное магнитное поле. Но мембрана обладает собственной частотой колебаний и поэтому резонирует на некоторых частотах, искажая звук.
Это постановка задачи в современном виде.
Но в целом динамизацию громкоговорителя можно проследить лишь на примере его развития. Условно оно состоит из двух этапов:
1. Создание и развитие "классического" (состоящего из катушки, жестко прикрепленной к диффузору и магнитной системы) громкоговорителя.

2. Поиск идеальных веществ и физэффектов, лишенных указанных выше не

1. ДИНАМИЗАЦИЯ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ

- ПРЕТЕНЗИИ, ПОРОЖДАЕМЫЕ САМОЙ СИСТЕМОЙ: свойствами вещества материалов системы, собственной частотой колебаний и др.
- ЦЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ: увеличение ГПФ – передачи звука – повышение чистоты звука.
- ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ: повышение управляемости ТС и поиск ИВ и ФЭ, лишенных указанных вредных эффектов.

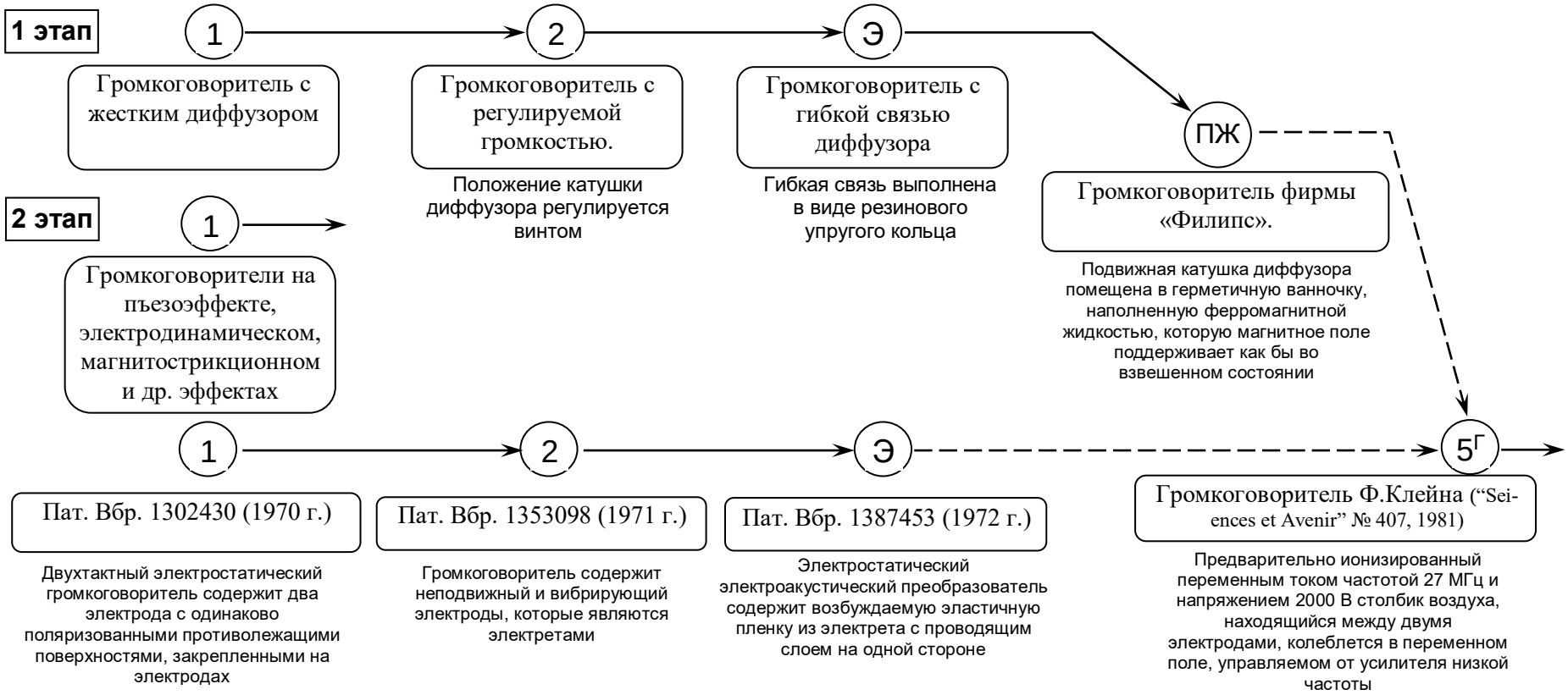


Рис. 88. Динамизация технических систем (на примере громкоговорителя)

достатков.

На первом этапе развитие шло по пути повышения гибкости механической части громкоговорителя (см. рис. 88, точки 2, Э (эластичный материал) и ПЖ (порошок + жидкость) и устранения тем самым вредных эффектов для лучшего выполнения ГПФ. Переход, например, к громкоговорителю, катушка которого "плавает" в магнитной жидкости, позволил повысить чистоту звучания за счет устранения паразитных резонансов при демпфировании. Одновременно магнитная жидкость использована как прекрасный теплоотвод, что способствовало повышению мощности громкоговорителя (температура катушки понижается в 7 раз по сравнению с температурой обмотки в обычной схеме).

На втором этапе для повышения ГПФ системы привлекаются различные физэффекты (пьезоэффект, электродинамический, магнитострикционный и ряд других), а с ними и вещества. В этот период идет поиск идеального вещества ИВ-1, усложнение системы и одновременно "очистка" от вредных свойств и лишних веществ и подсистем. Наиболее удачным ИВ-1 явились электреты. Громкоговорители с электретами прошли тот же путь, что и классический: жесткая система (1), деление системы на две части и введение подвижной связи между ними (2), переход к гибкой, эластичной системе, или подсистеме (Э). Подробно - на рис. 88.

Но вот ИВ.-1 найдено, например, пат. Великобритании 1 387 453 (1972). Но и ему присущ ряд недостатков: обладает собственной частотой колебаний, инерционностью. Катушка и диффузор уже поглотились возбуждаемой электретной пленкой. Казалось бы, система уже достаточно динамизирована и идеализирована. Но и в этом случае она остается посредником с определенной цепью преобразований между колеблющимися носителями тока внутри проводника, идущего от усилителя, и колеблющимся воздухом. А в идеальной системе не должно быть посредников: идеальный диффузор - когда его нет, а функции его выполняются. И кроме того, здесь нарушен закон соответствия организаций ТС и ОС: претензии ТС - колеблющиеся носители тока находятся на микроуровне, а воздействие на ОС осуществляется на макроуровне. Следовательно, нужно приспособить сам воздух, находящийся на месте диффузора, к условиям, которые существуют внутри проводника: в проводнике носители тока колеблются под действием электромагнитного поля - значит должен колебаться и воздух под действием этого же поля, без посредников, - путем воздействия на тот уровень, где имеются носители тока. Такой громкоговоритель и был предложен изобретателем Ф.Клейном (см. рис. 88).

Переход от "жесткого" громкоговорителя к динамичному, хорошо управляемому позволяет лучше приспособить его к меняющимся внутри него условиям, а в целом - сделать еще один шаг по пути идеализации.

2. Динамизация брони. С появлением средств подавления боевой техники возникла потребность защитить их. Типичное решение - организовать защитный пограничный слой из прочного материала. Так и было сделано на первых броневиках, бронепоездах, танках. Но огневые средства подавления

развивались быстрее, чем сама броня - конструкторы по инерции продолжали увеличивать толщину и прочность материала брони. Назрела потребность резко повысить

1. ДИНАМИЗАЦИЯ БРОНИ

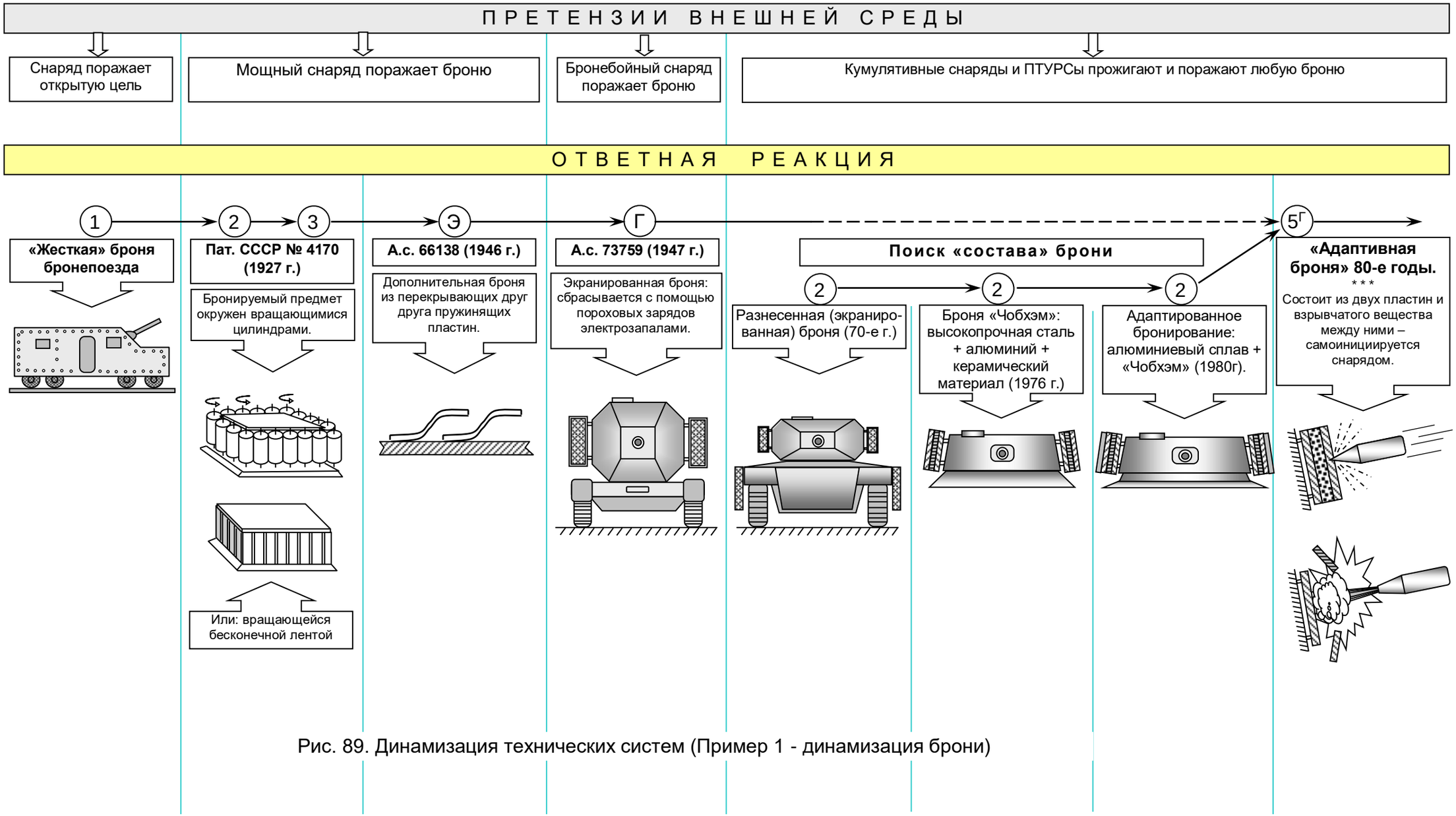


Рис. 89. Динамизация технических систем (Пример 1 - динамизация брони)

бронезащиту. Увеличение толщины брони привело к значительному увеличению веса, например, танка, что уменьшало его маневренность. Однако инерция конструкторской мысли продолжала действовать в одном направлении вплоть до 70-х годов. В отличие от них изобретатели пошли по пути разрешения возникшего противоречия. Все их попытки, в основном, сводились к снижению скорости снаряда при столкновении с броней, а значит и его пробойной силы.

Д-4. **Пат. СССР 4170 (1927 г.). Способ бронирования предметов: бронируемый предмет окружают вращающейся бесконечной лентой или вращающимися цилиндрами.**

Однако такая система малоэффективна и требует дополнительной подсистемы для приведения ее в движение.

Следующим шагом повышения бронезащиты был переход к гибкой конструкции.

Д-5. **А.с. СССР 66 138 (1946 г.). Броня, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что внешний слой составлен из перекрывающих друг друга пружинящих пластин.**

Опыт второй мировой войны показал, что бронебойные снаряды поражают практически любую броню. Следовательно, нужно было мощное средство, способное значительно уменьшить мощность снаряда. Решение было найдено по принципу - "клин клином вышибают". Навешиваемая броня, хотя и гибкая, но ее пружинящих свойств не хватает, чтобы противостоять удару снаряда.

Согласно отмеченной закономерности и закону соответствия организаций ТС и ОС (действия снаряда), следующий шаг в развитии брони должен состоять в переходе от гибкой, но плохо приспособленной к внешним претензиям ОС, к динамичной, умеющей приспосабливаться к очень динамичному бронебойному снаряду. Это и было предложено.

Д-6. А**. с. 73 759 (1947 г.). Экранирование броневых корпусов боевых машин - броню сбрасывают с помощью пороховых зарядов электрозапалами.**

Найдено идеальное вещество новой брони. Но с появлением мощных кумулятивных снарядов и ПТУРСов, прожигающих и поражающих любую броню от 30 см и до 50-70 см соответственно, начался новый этап поиска "состава" брони, на новом уровне.

Интенсивные попытки в 70-е годы найти прочные материалы для разнесенной, экранированной брони, закончились изобретением в 1976 г. брони "Чобхэм" (см. рис. 89) и в 1980 г. адаптированной брони: алюминиевый сплав и “Чобхэм". Но и в этом случае на броневую защиту корпуса и башни уходило более 50 % общего веса танка. Новый виток в развитии брони, в общих чертах повторивший прежний, привел к обострению противоречия между повышением бронезащиты и маневренностью (ГПФ), а также между скоростью срабатывания запала (т.к. было известно советское изобретение) и скоростью действия кумулятивной струи снаряда. Для разрешения возникших противоречий броня должна быть высоко динамичной, умеющей быстро

приспосабливаться к вредному действию очень динамичной струи кумулятивного снаряда. А для этого она должна иметь уровень организации не ниже уровня организации струи. Противоречие было разрешено в начале 80-х годов созданием "адаптированной" брони (см. рис. 89).

Переход от жесткой брони к адаптивной позволяет подвижному средству (танку) лучше приспособиться к меняющимся внешним условиям. Причем, динамизация одной из главных подсистем - пограничного слоя, который в данном случае связан с лучшим выполнением ГПФ системы, приводит к повышению приспособленности системы в целом и продвигает ее развитие в направлении увеличения степени идеальности: броня сама защищает и себя, и танк. Динамичность адаптируемой части системы становится не ниже динамичности внешних претензий. В новом витке развития неуправляемые вещества и поля заменяются управляемыми. Это можно продемонстрировать на схеме волны идеализации ТС.

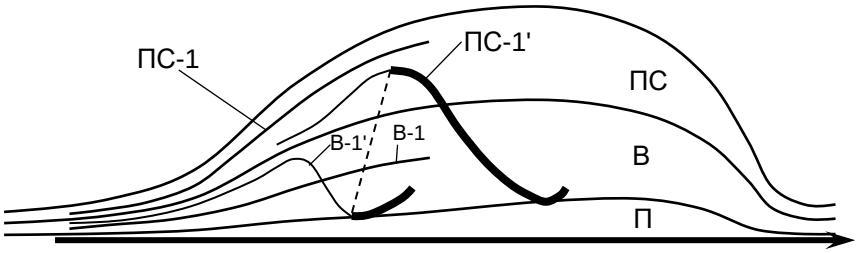


Рис. 90. Динамизация веществ и подсистем как один из механизмов идеализации ТС

Теперь можно сказать, что:

1. Современная техника, приспосабливаясь к меняющимся внешним или внутренним условиям, обязательно должна динамизироваться введением подвижных, гибких связей между частями системы или использованием подвижности структуры системы и различных уровней организации вещества ее элементов. И, чтобы лучше приспосабливаться, степень динамизации ТС должна постоянно повышаться. Это одна из главных закономерностей развития ТС в направлении идеализации.

2. На каждом этапе динамизации ТС адаптация системы к ОС носит относительный характер. Адаптация происходит до согласования (соответствия) уровня отклика ТС на претензии ОС с уровнем действующих претензий ОС. При этом ТС "ломается", принимая организацию ОС, а затем, путем введения управляемых полей и веществ, повышает свой уровень организации, повышая тем самым свою независимость от ОС. И, в идеале, ТС, используя свойства, силу и т.д. претензий ОС, защищает себя и в то же время управляет ОС, выполняя свою ГПФ. Вектор динамизации направлен в сторону движения волны идеализации данного вида ТС.

3. Одним из механизмов динамизации является "разрушение" ТС с целью выявления лишних подсистем, веществ и полей, а также поиска идеальной структуры системы для данных условий (претензий) ОС. При этом весь

"накопленный прошлый опыт" развития и адаптации ТС к претензиям ОС, имеющим сложное иерархическое строение, сохраняется и используется, если ранее действующие претензии сохраняются в новых условиях. Например, адаптивная броня выдерживает удары пуль, осколков, обычных снарядов, как это было у обычной брони, а ее взрывчатое вещество инициируется только кумулятивной струёй - новой претензией.

4. Кроме того, динамизация - это и поиск новых подсистем с выявлением их функций в будущей идеальной ТС, расширяющей свой диапазон взаимодействия с ОС для повышения собственной независимости от последней.

5. Динамизация - это один из механизмов, позволяющий сохранить ТС собственную ГПФ при взаимодействии с претензиями ОС ("ответ" за сохранение данного вида ТС).

Как и любая закономерность, описывающая пространственно-временной процесс развития, динамизация может быть представлена некоторой последовательностью характерных для нее "точек".

4.2. Общая схема динамизации

4.2.1. Эмпирическая схема динамизации.

Итак, рано или поздно все технические системы неизбежно должны пройти этап динамизации [3]. Само по себе введение подвижных связей между частями ТС становится тривиальным, оно известно из курса теории машин и механизмов. Но ТС многоранговые системы и могут находиться как на макро-, так и на микроуровне. Это было показано на примерах в предыдущем разделе. Очевидно, что на разных уровнях динамизация должна иметь свои особенности.

Сравним несколько изобретений.

№ п(п	“Было” до динамизации	“Стало” после динамизации
1	2	3
Д-7.	**Свая, состоящая из жесткого железобетонного или металлического ствола**	**А.с. СССР 609 828 (БИ, 21-1978 г.). Свая, ... о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью повышения несущей способности, каждый элемент ствола в поперечном сечении выполнен в виде швеллера..., швеллеры и сердечник соединены шарнирно.**

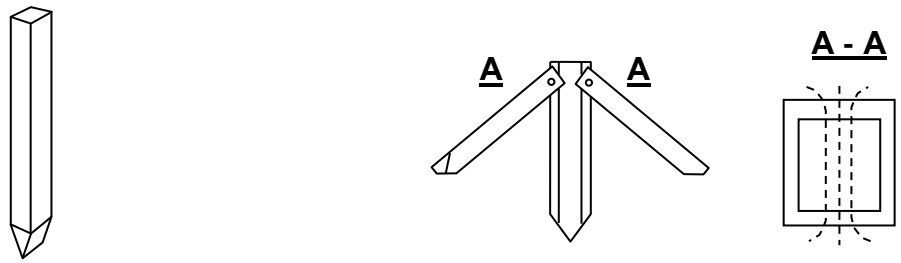


Рис. 91. Динамизация сваи

Д-8.	**Опора для шпалерных насаждений, выполненная в виде столба для крепления шпалерной проволоки.**	**А.с. СССР 324 990 (БИ, 10-1972 г.). Опора, ... о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью использования самой опоры для осеннего пригибания ветвей, подвязанных к проволоке, она выполнена из двух шарнирно соединенных частей.**

Рис.92. Динамизация опоры шпалерных насаждений

Д-7, Д-8 - Систему разделили на части и соединили их шарниром.

Д-9.	**Устройство для защиты плавучего дока от битого льда содержащее заградительный экран, смонтированный между башнями у торца дока и приводной механизм**	**А.с. СССР 472 856 (БИ, 21-1975 г.). ..., о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения эксплуатационной надежности и эффективности использования плавучего дока, заградительный экран выполнен в виде шарнирного параллелограмма, состоящего из стоек, смонтированных в нише торца дока и связанных между собой тягой, причем между стойками установлена сетка из гибких связей, при этом к одной из крайних стоек прикреплен трос от приводного механизма**.

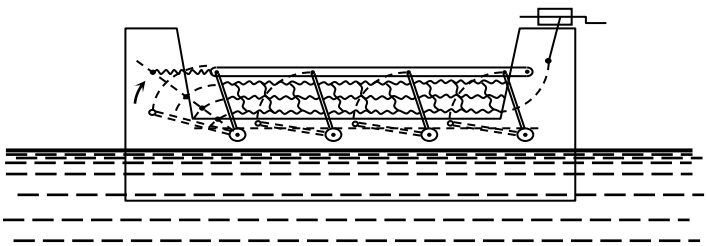


Рис. 93. Динамизация устройства для
защиты плавучего дока от льда

Д-9 - Систему разделили на много частей и соединили их шарнирами и гибкими связями.

Д-10.	**Нарезной ствол винтовки.**	**Пат. США 3 777 385 (1973 г.). Нарезной ствол, в котором вместо нарезов используются шарики. Внутри ствола имеются сферические опоры, которые**

		взаимодействуют с пулей. В каждом из дисков, имеющих центральные отверстия удерживаются несколько вращающихся сферических опор. Часть каждой сферической опоры выступает внутрь центрального отверстия диска. Диски установлены рядом один с другим внутри трубки, образуя таким образом ствол ружья. Канал ствола обрамлен выступающими внутрь сферическими опорами, находящимися в дисках. С наружной стороны каждого диска выполнена канавка, в которой размещается шпонка, Фиксирующая диск в определенном положении. Диски расположены в трубке таким образом, что сферические опоры образуют ряд винтовых линий, число которых соответствует числу сферических опор в диске.

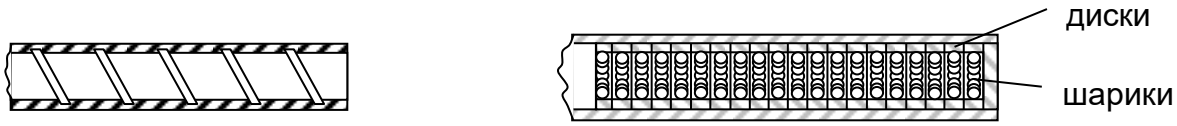


Рис. 94. Динамизация нарезной части ствола

Д-10 - Часть системы (пограничный слой), испытывающей претензии ОС (действие быстродвижущей пули), разделена на множество частей, выполненных в виде мелких шариков, подвижных относительно своего центра.

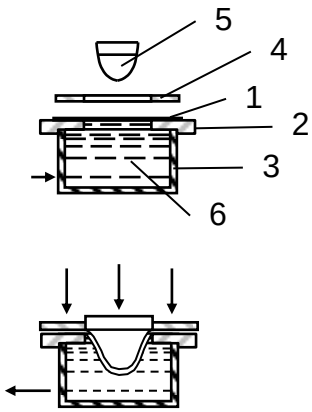
Д-11.	**Способ получения рельефных изображений на ферромагнитных металлических изделиях путем удаления незащищенных шаблоном участков металла, например, режущим инструментом.**	**А.с. СССР 472 821 (БИ: 21-1975 г.)..., о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения производительности труда, изделие помещают в магнитное поле, а удаление незащищенных шаблоном участков осуществляют ферромагнитным абразивным порошком, при этом изделие и магнитное поле перемещают одно относительно другого.**

Д-11 - Часть системы (рабочий инструмент) "раздробили" в порошок а затем соединили частицы порошка магнитным полем и сделали подвижным относительно изделия.

Д-12.	**Мишенная установка для стрельбы из лука, содержащая мишень, мат-поглотитель и опорную стойку**.	**А.с. СССР 1 068 693 (БИ, 3-1984)...., о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью улучшения эксплуатационных характеристик установки, мат-поглотитель выполнен в виде кольцевого электромагнита, заполненного сыпучим ферромагнитным материалом.**

Д-12 - То же самое, что и в предыдущем примере.

Д-13.	**Изготовление деталей, например, отражательных элементов автомобильных фар путем последовательной многоступенчатой штамповки.**	**"НиЖ", 6-1984, с. 27. Предложено за один прием - методом гидромеханической вытяжки изготавливать такие изделия.**

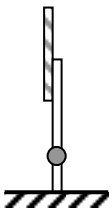


1 - листовая заготовка
2 - матрица
3 - контейнер с жидкостью
4 - прижим
5 - пуансон
6 - противодавление жидкости

Рис.95. Динамизация матрицы штампа

Д-13 - Твердую систему - матрицу заменили "матрицей" из жидкости.

Д-14.	**Мишень: щит, прикрепленный к стойке, шарнирно закрепленной к опоре.**	**Пат. США 3 859 123 (1975 г.) Мишень: в вертикальной восходящей воздушной струе удерживается шарик, находящийся напротив центра выпуклой поверхности**



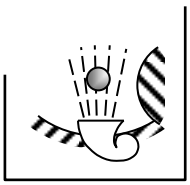


Рис. 96. Динамизация мишени

Д-14 - Шарнирно закрепленная мишень, но из "жесткого" материала, заменена опорой из газовой струи.

Д-15.	**Ветроэлектрический агрегат, содержащий колеблющуюся лопасть,**	**А.с. СССР 842 216 (БИ, 24, 1981 г.). ..... о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью упрощения конструкции и уменьшения удельной массы, лопасть выполнена в виде гибкого биморфа из пьезокристаллической**

	соединенную с электрогенератором.	**пленки с электродами на главных плоскостях, причем к одному из концов биморфа прикреплен шток, снабженный турбулизаторами**.

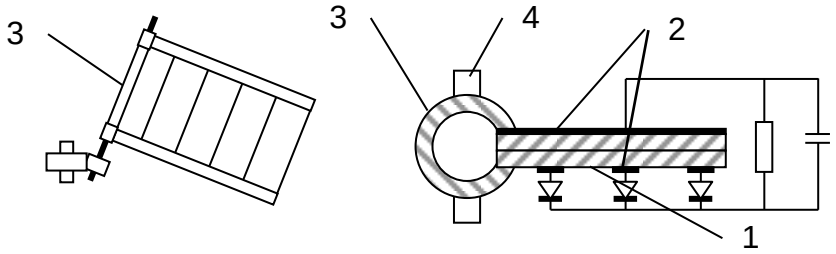


Рис. 97. Динамизация лопасти ветроэлектростанции
1 – биморф, 2 – электроды, 3 – шток, 4 – турбулизаторы.

Д-15 - От "жесткой" колеблющейся лопасти перешли к гибкой, из материала с подвижной структурой.

Д-16.	**Термоконтактор (см. ТТ-48) тепловой трубы.**	А.с. СССР 383973 (1973) см. ТТ-48, с. 32.

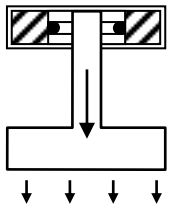


Рис. 98. Термоконтактор ТТ

Д-16 - От механических термоконтакторов перешли к использованию однородного изменения внутренней структуры материала на микроуровне под воздействием ОС.

Д-17.	**Ограничительный элемент для электрохимической обработки поверхности стекла, содержащий струны, покрытие веществом, ионы которого мигрируют в стекло, и механизм их натягивания**.	**А.с. СССР 587 116 (БИ, 1-1978 г., с. 65). .... о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения качества обработки отдельных листов стекла, механизм натяжения струн выполнен в виде биметаллической дуги.**

Рис.99. Динамизация механизма натяжения струн

Д-17 - От механического приспособления перешли к приспособлению, использующему взаимодействие разных однородных изменений внутренней структуры на микроуровне двух разных материалов при воздействии на них претензии ОС.

Д-18.	**А.С. СССР 578 531. Вихревая труба, содержащая гофрированный конец (для закручивания газа).**	**А.с. СССР 1 035 356 (БИ, 30-1983 г.)..., о т л и ч а ю щ а я с я тем, что. с целью повышения эксплуатационной надежности, гофрированный конец выполнен из материала, обладающего "памятью формы".** **Труба по п. 1, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что для обеспечения саморегулирования горячий конец выполнен секционированным из никелида титана, причем каждая секция имеет различное процентное содержание титана и никеля (меняется температура срабатывания эффекта "памяти формы").**

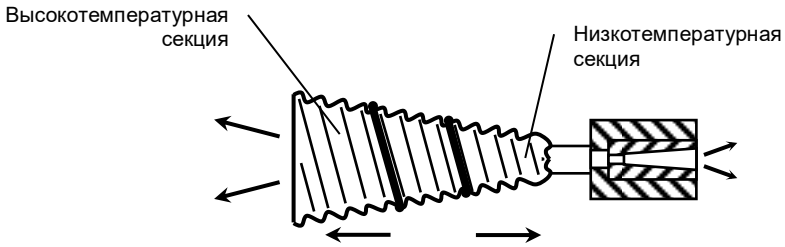


Рис. 100. Динамизация вихревой трубы

Д-18 - От жесткой системы перешли к использованию неоднородного изменения микроструктуры вещества (эффект памяти формы), затем к взаимодействию двух (или более) неоднородных изменений микроструктуры вещества (несколько температурных точек эффекта памяти формы) системы на одном микроуровне. Неоднородное изменение микроструктуры вещества происходит при изменении действия на него одной и той же претензии ОС.

Д-19.	**Конденсатор переменной емкости, содержащий две обкладки с расположенными между ними диэлектриком и узел регулирования**	**А.с. СССР 1 003 163. ..., о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью увеличения диапазона изменения емкости, диэлектрик состоит из двух слоев, один**

	температуры диэлектрика.	**из которых выполнен из материала с диэлектрической проницаемостью, не зависящей от температуры, а другой - из материала с базовым переходом металл - диэлектрик**.

Рис. 101. Динамизация подсистемы конденсатора переменной емкости

Д-19 - Подсистему ТС разделили на две части, сохранив у одной однородное изменение микроструктуры, а у другой изменив свойства на более низких уровнях организации вещества, и объединили их затем в систему, используя взаимодействие разных изменений микроструктуры на разных макроуровнях при управляемом изменении претензий ОС

В приведенных примерах ТС динамизированы на разных уровнях, но в них четко заметна тенденция направленная на повышение степени динамичности систем. Сначала динамизируется структура системы, затем, когда исчерпываются возможности динамизации структуры на макроуровне, происходит переход к динамизации вещества элементов системы на микроуровне. Причем каждый такой переход является разрешением противоречия между ТС и претензиями ОС.

Приведенные примеры взяты из разных областей. Но анализ линий жизни конкретных ТС показал, что динамизация систем происходит в определенной последовательности, которую можно изобразить схемой (см. рис. 102), построенной из характерных для динамизации этапов. Предлагаемая схема была получена эмпирическим путем, в результате анализа большого массива патентного фонда. Причем, переход от точки к точке на схеме может включать ряд промежуточных точек, учитывающих повышение дисперсности вещества, управляемости полей и вещества, переход к новым физическим и химическим эффектам и т.д. Например, точки (3 - 3.1 - П) - это цепочка: система из многих частей, соединенных между собой подвижными связями - система из шаров - система из маленьких подвижных шариков - система из подвижных частиц - система из подвижного порошка.

Таким образом, динамизация - это направленный процесс адаптации технических систем, идущий сначала на макро-, а затем на микроуровне.

4.2.2. Теоретическая схема динамизации.

Сила любой теории, любых теоретических построений определяется прежде всего возможностью выводить основные положения из посылок теории и прогнозировать те или иные тенденции в развитии объектов исследования, основываясь на положениях и следствиях теории. Кроме того, любая эмпирически найденная закономерность, проверенная на большом фактическом материале, должна вытекать из предлагаемой теории. Это в полной мере относится к ТРИЗ и ТРТС.

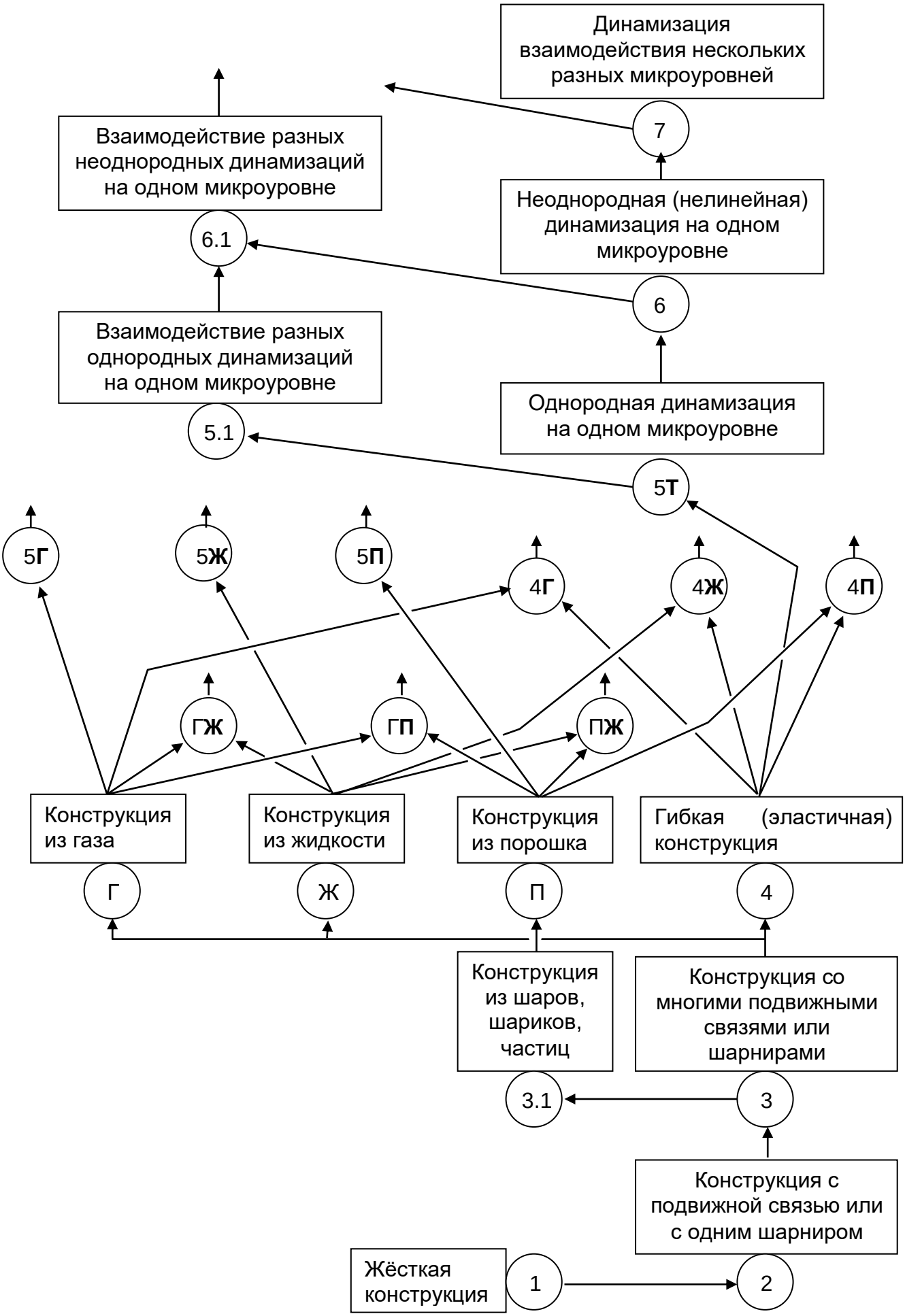


Рис. 102. Динамизация технических систем

Модель эволюции ТС, описанная в главе 2, отражает процесс развития ТС от моносистемы к моносистеме' (штрих). В этот период происходит и динамизация ТС. Следовательно, основываясь на вышесказанном, из модели эволюции должна вытекать описанная выше схема динамизации ТС.

Исходя из многоранговости и многоуровневости технических систем, разделим области НС, ТС, ПС, В и П на зоны - рис. 104.

Из схемы становится ясно, что многообразие динамичных ТС вызвано взаимодействием или использованием свойств различных зон волны идеализации. Особенно сильно эта особенность проявляется на мезо- и микроуровнях. Чем дальше ТС уходит от зоны "жестких" систем, тем интенсивнее идет поиск новых свойств и новых функций. Этим и вызвано разветвление путей динамизации ТС на мезоуровне (точки: ГЖ, ПЖ, ЭЖ, ЭП и т.д.) и на микроуровне (точки: 5, 5.1, 5.2, 6, 6.1, 6.2, 6.3, и 7). Например, взаимодействие однородных динамизаций на одном микроуровне возможно на любом уровне - кристаллической решетки, доменов, молекул, атомов, элементарных частиц и т.д., но при условии смещения характеристик уровней взаимодействующих элементов. Возможны и более сложные взаимодействия, приводящие к неоднородной динамизации, направленной в сторону движения волны идеализации. Предлагаемая схема значительно упрощена, в дальнейших разработках она может быть уточнена.

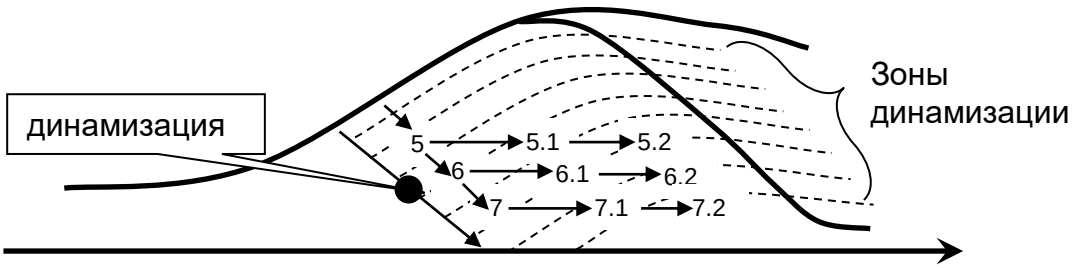


Рис. 103. Место динамизации в процессе свертывания (идеализации) систем

Таким образом, нисходящие к ГГЛ по направлению свертывания (поглощения) системы линии и есть пути динамизации ТС, найденные эмпирическим путем. Причем сплошная линия, без выделения характерных точек динамизация, - это путь перехода ТС с макро- на микроуровень.

Как уже отмечалось, динамизация ТС зависит и от уровня претензий (π), действующих на тот или иной уровень ТС (рис. 104). И чем сложнее организация претензий ОС, тем сложнее сочетание уровней ТС в волне идеализации. Например, на ТС могут воздействовать претензии разных уровней (например, π_5), и, кроме них - потребности человека в виде претензий $\pi_э$. В этом случае ТС должна сочетать в себе динамизацию на макро- и микроуровнях, т.е. быть эластичной на макроуровне и, например, становиться электропроводной при воздействиях ОС на микроуровне. Соблюдение в этих

случаях закона соответст

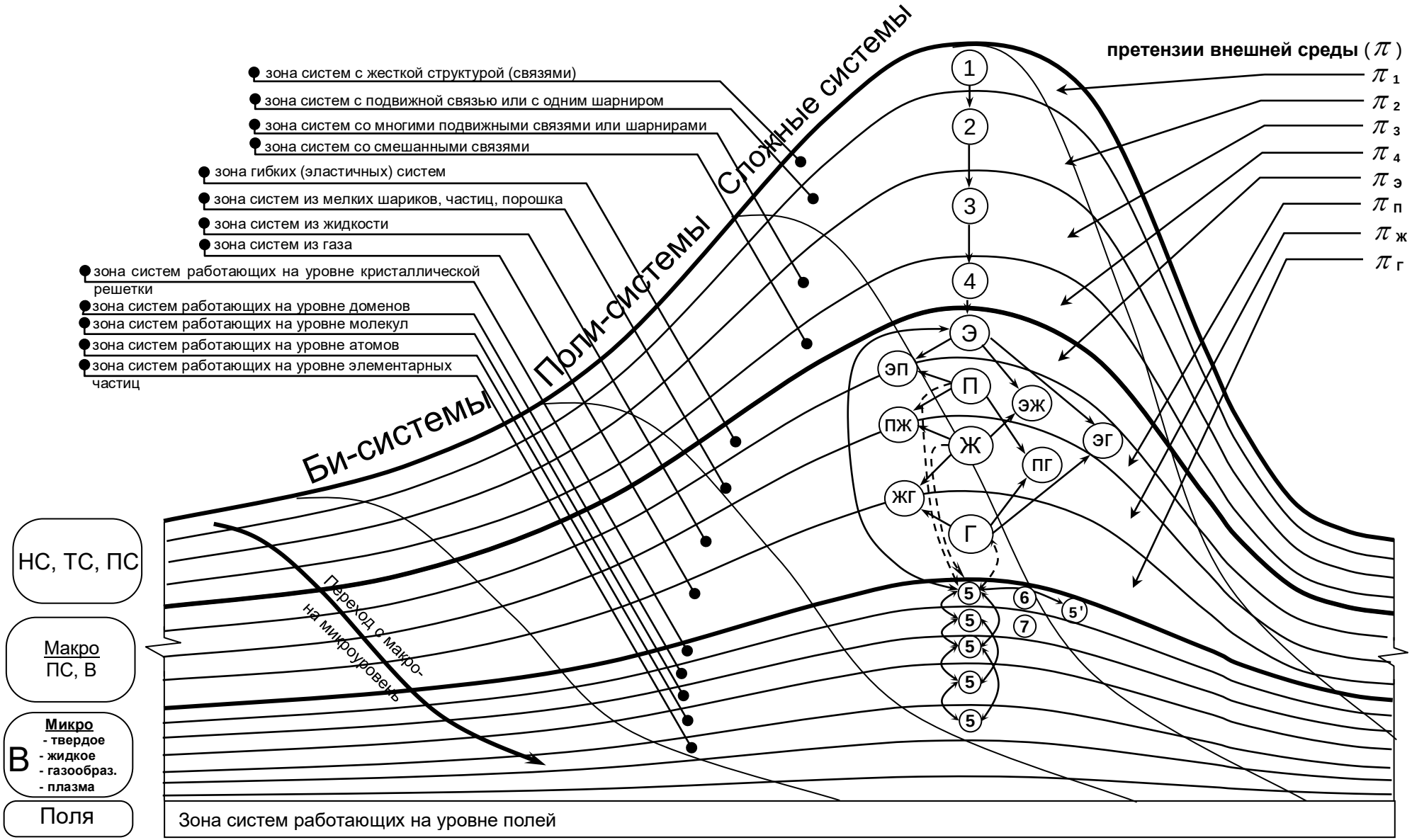


Рис. 104. Динамизация на иерархической схеме волны идеализации

вия уровня организации ТС уровню организации ОС является обязательным условием, обеспечивающим ТС возможность лучше приспособиться к ОС.

Полученная эмпирическим путем схема динамизации отражает наиболее важные, узловые точки динамизации систем. Схема же на рис. 104 дает значительное количество сочетаний, каждое из которых может привести к интересным решениям или эффектам. Но в каждом конкретном случае следует придерживаться следующих принципов.

1. Уровень динамизации ТС должен соответствовать уровню воздействующих на нее претензий (их динамике) ОС. При этом динамизация проходит следующие наиболее крупные этапы:
а) пассивной адаптации, когда организация ТС принимает организацию ОС;
б) активной адаптации, когда организация ТС соответствует или несколько выше организации ОС;
в) управляемой адаптации или динамизации, когда организация ТС намного выше организации ОС и управляет последней.

2. В зависимости от того, куда попадает или куда проникает претензия ОС, именно та часть ТС (ее оперативная зона) и должна быть динамизирована без ущерба для ГПФ системы.

3. Та динамизация ТС обеспечивает ей большую жизнеспособность, в которой отклик ТС на претензии ОС идет по пути наименьшего действия

Пример. ТТ-28: гибкие лопатки центробежного насоса - лопатки сами используют энергию претензий ОС (воды) и тут же реагируют на их изменение - за счет сочетания двух уровней динамизации - гибкости и фазового перехода.

Теперь, если рассмотреть любую область (по моно-, би-, поли- и сложным системам) и провести линию, по которой происходит поглощение ТС идеальным веществом и переход с макро- на микроуровень, то получим основные точки более полной (теоретической) схемы динамизации (рис. 105).

Кратко разберем полученную схему.

Переход ТС с макро- на микроуровень проходит три крупных этапа: макро-, мезо- и микро-. Многочисленные взаимодействия сочетаний разных зон мезоуровня наиболее ярко демонстрируют интенсивный поиск новых функций и подсистем ТС (точки: ПЖ, ПГ, ЭГ и т.д.), которые затем воплощаются в вещество на микроуровне. То же самое можно сказать и о макроуровне. "Ломка" ТС также нужна для поиска новых функций и подсистем ТС (точки: 2, 3, 4), которые затем воплотятся в ТС, ПС или вещество на мезоуровне. Также и "дробление" вещества ТС на микроуровне нужно для поиска новых функций и свойств вещества, как и в предыдущих уровнях, чтобы потом применяться в измененной системе на макроуровне.

Анализ патентного фонда, отражающего динамизацию на мезоуровве показывает, что каждое из сочетаний имеет цепочку динамизаций, направленную с макро- на микроуровень, за счет "дробления" композита.

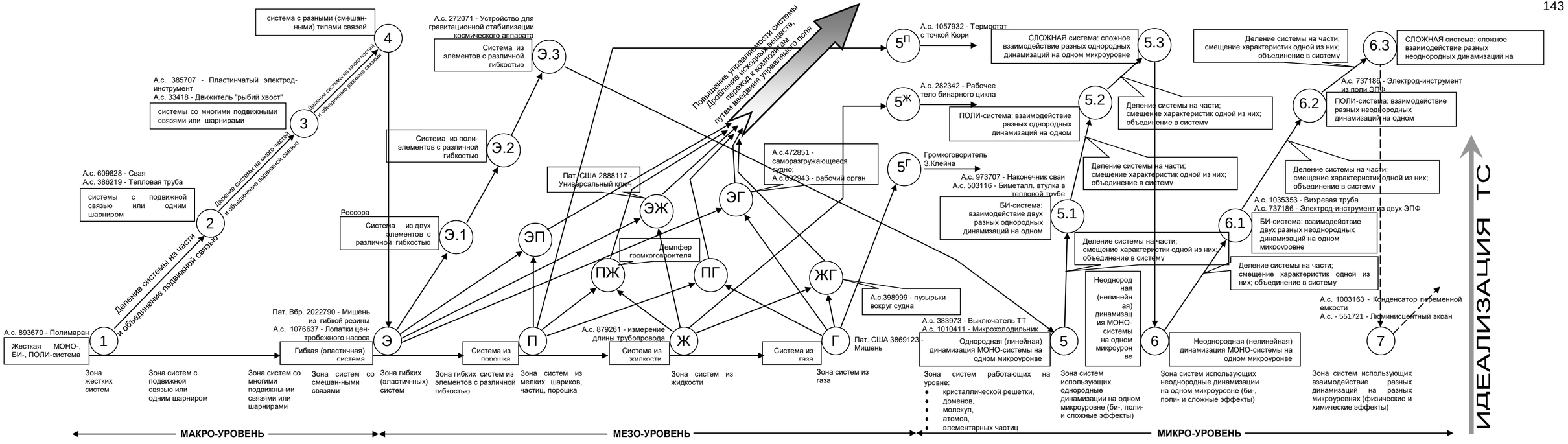


Рис. 105. Теоретическая схема динамизации

Например:

$$ГЖ \rightarrow ГЖ'(пена) \rightarrow ГЖ''(аэрозоли);$$
$$ЭГ \rightarrow ЭГ'(КПМ) \rightarrow ЭГ''(гель)$$

Особенности динамизации ТС на разных уровнях вызваны особенностями самих уровней. Так, на микроуровне: исходная ТС делится на части, каждая из которых после объединения их в систему (би, поли- и сложные ТС(должна иметь смещенные друг относительно друга физические, химические или геометрические характеристики. То же частично относится и к мезоуроввю и в самом общем виде к макроуровню. Однако для всех уровней характерно то, что обязательной операцией при динамизации является **деление** (**дробление**) системы на части или отделение оперативной зоны от системы, изменение их при необходимости и **объединение** их в систему с помощью подвижных (вещественных, полевых) или жестких связей.

Динамизация ТС при переходе с макро- на микроуровень требует не только увеличения степени подвижности вещественной составляющей ТС, но и ее полей. Привлечение полей в ТС повышает степень управляемости системы, именно с помощью динамизированных полей осуществляется возможность управлять изменением вещества. Например, переход от "жидкой" системы к системе с управляемой магнитной жидкостью.

Из схемы также следует, что при определенной степени динамизации возможна и динамизация полей полями. Но интересные решения в этой области, по всей видимости, дело будущего, когда удастся достичь такого уровня организации материи, при котором на воздействия претензий ОС в виде поля ТС будет откликаться полем с более высокой организацией.

На приведенной на рис. 105 схеме динамизации почти для каждой точки приведен свой пример, текст которого в работе не приводится.

Следует также отметить, что данная схема приемлема для динамизации ТС на любом этапе усложнения. Например, Би-ТС или Поли-ТС также проходят все этапы динамизации, характерные для моносистемы. В зависимости от конкретных условий, претензий ОС, а также потребностей со стороны человека, ТС динамизируется по наиболее приемлемой ей цепочке.

4.2.3. Цепочки динамизации технических систем.

4.2.3.1. Динамизация ТС взаимодействующих с ОС

Говоря о динамизации как о неизбежном этапе развития ТС, можно отметить, что все ее особенности и закономерности (рис. 105) характерны и для развития конкретных ТС. В частности, это уже было проиллюстрировано на динамизации громкоговорителя и брони.

Рассмотрим динамизацию нескольких систем:

- корпуса корабля, его остова, среды, окружающей судно,
- электрод-инструмента,
- тепловой трубы.

Корпус судна - это жесткая конструкция. На первых этапах развития судна прочность, жесткость судна были лучшим гарантом противодействия внешним претензиям - морским волнам соизмеримым или кратным размерам судна. Но с увеличением размеров судна росла сила претензий ОС, увеличивалась ее неоднородность и нарушался закон соответствия организаций ТС и ОС. Все это постепенно привело к сильным противоречиям, которые заставили судно адаптироваться к среде, оказывающей все более сильное воздействие на него.

Претензии ОС действуют на определенных уровнях, поэтому динамизация начинается на тех уровнях, которые испытывают эти претензии. Вначале делается попытка динамизировать всю ТС, а затем и ее пограничного слоя. Иногда делается попытка динамизировать сразу всю систему.

Д-20. А.с. СССР 33 418 (1930). Движитель в форме рыбьего корпуса для судов, глиссеров и т.д., о т л и ч а ю щ и й с я тем, что представляет собой приводимые во вращение изогнутые стержни расположенные внутри эластичного корпуса; в целях сообщения этому корпусу при помощи шатунов, связанных со стержнями, волнообразного движения.

Интересна реакция экспертов по поводу этого изобретения: "Мы, судостроители, боремся с гибкостью судов, а вы ищете в ней какие-то динамические возможности. Смело до безумия, но фантастично и неактуально".

Переход от жесткой конструкции к конструкции, сочетающей в себе и гибкость (точка Э, см. рис. 105), и подвижность (много шарниров - точка 3) - вызван особенностью претензий ОС и попыткой перенести на ТС "опыт" системы уже адаптированной к ним.

Д-21. А.с. СССР 880 870 (БИ, 42-1981, с. 99). Танкер, содержащий корпус с бортами и палубой, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью улучшения проходимости, пожарной безопасности и упрощения очистки, нижняя часть бортов выполнена эластичной, при этом корпус выполнен открытым со стороны днища.
2. Танкер по п. 1, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что он снабжен подвижным днищем, установленным с возможностью вертикального перемещения относительно бортов.

Даже незначительная динамизация технической системы улучшает выполнение ее ГПФ за счет приобретения дополнительных полезных функций.

Д-22. А.с. СССР 474 457 (БИ, 23-1975). Гидроволновое устройство движущегося плавучего средства,....., о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью уменьшения гидродинамического сопротивления каждый из упругих элементов выполнен в виде чешуеобразного подпружиненного рычага и стойки, шарнирно связанных между собой.

Введение подпружиненных упругих элементов позволяет перейти от пассивной адаптации, когда ТС без “сопротивления" принимает организацию ОС, к активной, когда ТС делает попытки "сопротивляться" организации ОС. На

первых этапах это неуправляемое сопротивление.

ПРЕТЕНЗИИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ: волны, турбулентные потоки (увеличивают волновое сопротивление), кавитация и т.д.

ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ

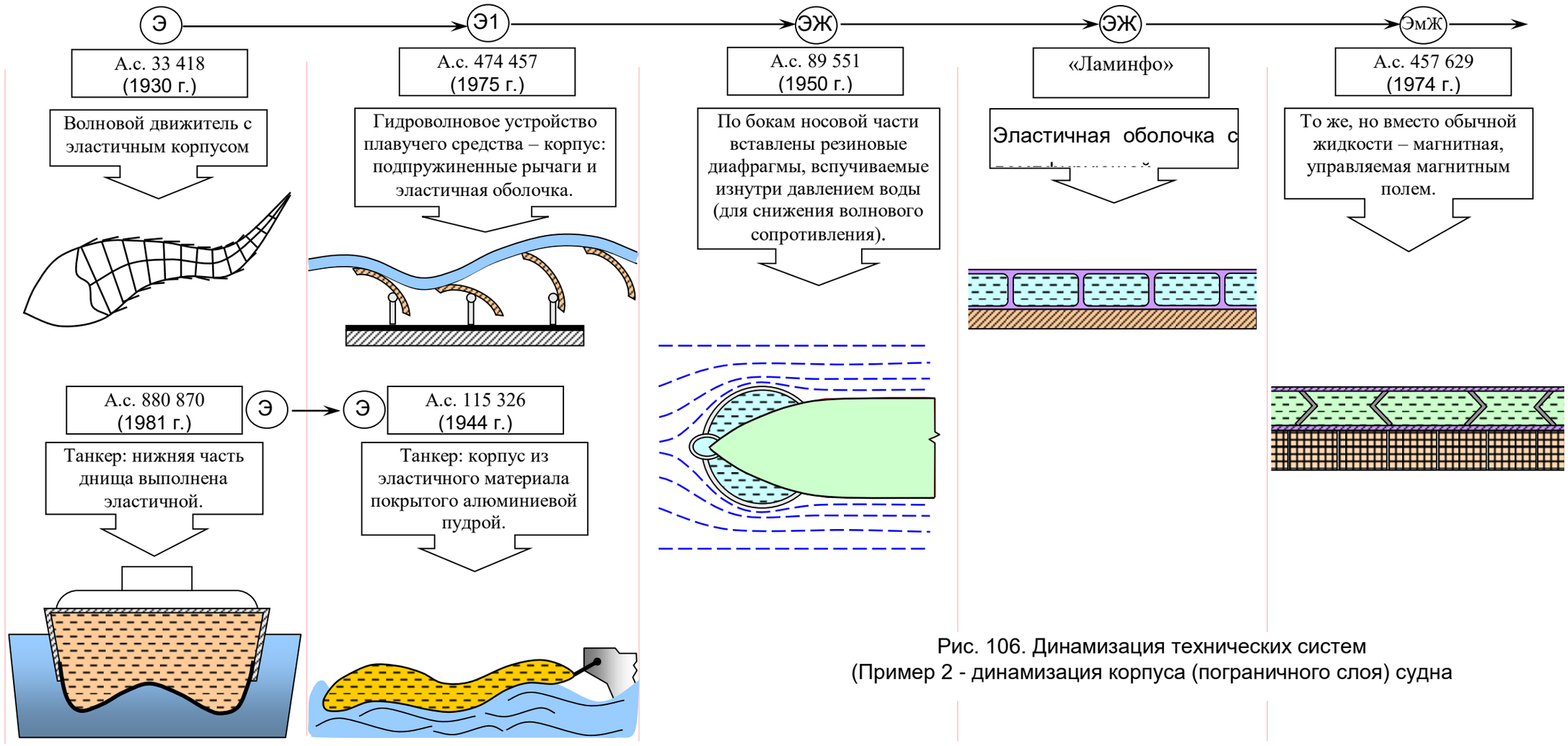


Рис. 106. Динамизация технических систем
(Пример 2 - динамизация корпуса (пограничного слоя) судна

<u>Д-23</u>. А.с. СССР 115 326 (1944 г.). Способ транспортирования жидких грузов, преимущественно нефтепродуктов, по реке и морю в мягких водонепроницаемых и нефтестойких оболочках, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с щелью обеспечения следования заполненной грузом трубчатой оболочки-резервуара за изгибом волновой водной поверхности, заполнение грузом оболочки-резервуара производят с оставлением резервного объема грузовместимости неиспользованным.

Однако при такой гибкости оболочка не способна мгновенно приспосабливаться к быстроменяющейся среде. Нужно было повысить управляемость оболочки. На этом пути было предпринято несколько попыток.

<u>Д-24.</u> А.с. СССР 89 551 (1950 г.). Устройство для изменения каплеобразной формы носовой части судна, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что с целью изменения обводов носовой части соответственно различным скоростям движения судна и уменьшения волнового сопротивления, в наружной стальной обшивке по бокам носовой части вставлены резиновые диафрагмы, выпучиваемые изнутри давлением воды создаваемым принудительно в носовом отсеке.

Затем, после изобретения материала, имитирующего кожу дельфина, была предпринята попытка приспособить весь корпус судна к претензиям ОС. Материал состоял из двух эластичных упругих пленок, пространство между которыми было разделено поперечными диафрагмами на множество секций заполненных жидкостью. Однако и он был неуправляем и не мог быстро реагировать на все изменения среды. Поэтому был сделан еще один шаг.

<u>Д-25.</u> А.с. СССР 457 629 (БИ, 3-1975). Устройство для снижения сопротивления трения движущегося в воде объекта, например, судна, содержащее эластичную оболочку, охватывающую объект и образующую полости между его корпусом и эластичной оболочкой, которые разделены упругими перегородками и заполнены демпфирующей жидкостью, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения эффективности снижения сопротивления трения при движении объекта, на наружной поверхности корпуса объекта установлен индуктор с обмоткой, электрически соединенный с источником тока, а эластичная оболочка выполнена ферромагнитной, взаимодействующей с электромагнитным полем обмотки индуктора, возбуждающим в ферромагнитной оболочке бегущую механическую волну.
2. Устройство по п. 1, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что в полостях между ферромагнитной оболочкой и корпусом объекта размещены ферромагнитные частицы во взвешенном состоянии в демпфирующей жидкости.

Здесь следует отметить, что переход к феполям - это один из путей приспособления ТС к претензиям ОС путем повышения соответствия их организаций за счет "разрушения" ТС. При этом обязательным условием остается возможность "разрушенной" части ТС выполнять свою ГПФ. Жесткие вещественные связи заменяются "нулевыми" (по терминологии А.Тимощука) или полевыми. Причем эти связи непосредственно связаны со свойствами вещества, между "частицами" которого они осуществляются. Они легко поддаются управлению, однако на мезоуровне повышение управляемости системы часто приходится расплачиваться значительным усложнением надсистемы или подсистем ТС, обслуживающих измененную часть системы. В этом смысле переход к магнитной жидкости - попытка совместить свойства

неуправляемой жидкости, но умеющей лучше других веществ (ее уровня) приспосабливаться к меняющейся организации ОС, и свойства феррочастиц хорошо поддающихся управлению, но не умеющих так идеально приспосабливаться к меняющейся организации ОС. Одновременно это и поиск идеального вещества, идеально сочетающего в себе приспосабливаемость к любым изменениям организации и высокую управляемость. Результатом его должна быть жидкость, изменяемые под действием воздействий ОС свойства которой позволят ей самоорганизовываться так, чтобы всегда иметь организацию выше, чем у ОС.

В зависимости от того, на какую "глубину" проникают претензии окружающей среды или общества и определяется оперативная зона динамизации ТС. Рассмотрим это на примере динамизации остова судна, его структуры.

Судно, как одна из старейших систем уже "заполнила" значительную часть схемы диалектики развития ТС (см. рис. 66) и динамизации (рис. 105). Создано огромное количество изобретений, заключающихся в переходе от моносистемы к би-системе (катамаран), затем тримаран, поли-системе (полимаран) и, наконец, к сложным системам (многокорпусное судно).

Вот несколько изобретений.
1. А.с. СССР 316 228 (БИ, 29-1974). Морское судно катамаран, тримаран и многокорпусное судно.
2. А.с. СССР 501 921 (БИ, 5-1976). Трехкорпусное судно.
3. А.с. СССР 613 954 (1976). Полимаран.
4. А.с. СССР 850 486 (БИ, 28-1981).Полимаран.
5. А.с. СССР 893 670 (БИ, 48-1981).Полимаран.

Д-26. А.с. СССР 903 242 (БИ, 5-1982). Полимаран, содержащий подводные и надводные средние и крайние поплавки, соединенные между собой профилированными балками, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью упрощения сборки-разборки полимарана, он снабжен дополнительными балками, установленными между серединами сечений ближайших пар надводных и подводных поплавков, при этом профилирующие балки, связывающие последовательно подводные и надводные поплавки, образуют в поперечном сечении полимарана замкнутый многоугольник с вершинами углов, направленных наружу.

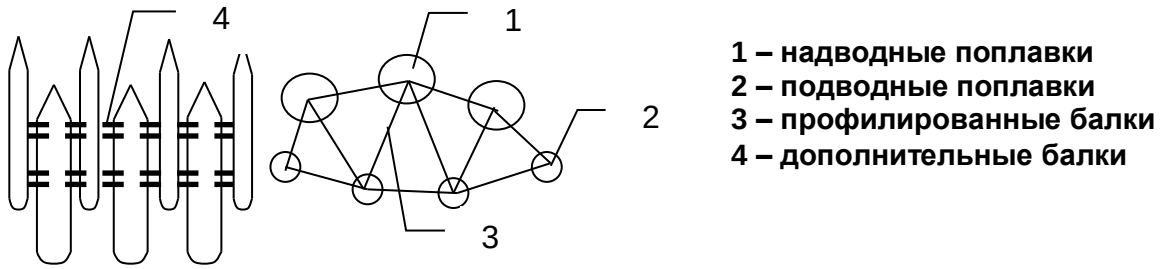


Рис. 107. Полимаран из поплавков

Судна полимаранного типа и многокорпусные судна только в настоящее время начинают постепенно динамизироваться, проходя самые первые этапы - точки

2 - 3 (см. рис. 104).
Например:

<u>Д-27.</u> Пат. США 3 289 226 (1966). Плавсредство полимаранного типа, содержащее корпус, шарнирно связанный посредством штанг с поплавками.

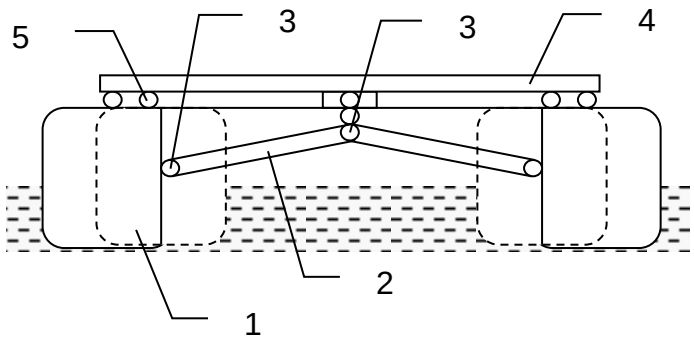
<u>Д-28.</u> А.с. СССР 161 247 (БИ, 6-1964). Подводное транспортное судно, корпус которого имеет цилиндрическую корму, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью уменьшения осадки судна при его полной загрузке, корпус выполнен из двух раскрывающихся шарнирно сочлененных полуцилиндров.

Для повышения приспосабливаемости к ОС судно делят на части, соединяя последние между собой подвижными связями.

<u>Д-29</u>. А.с. СССР 198 942 (БИ, 41-1977). Подводное транспортное судно (танкер(с корпусом цилиндрической или эллипсоидной формы, о т л и ч а ю щ е е с я тем что, с целью уменьшения осадки судна в надводном положении с полной загрузкой при проводке по небольшим глубинам, корпус судна выполнен разъемным на две части по горизонтальной плоскости с выступом в корме нижней части для размещения винта по оси судна.

<u>Д-30.</u> А.с. СССР 893 124 (БИ. 47-1981, с. 288). Морское судно, имеющее подводные торпедообразные корпуса, соединенные с надводным корпусом вертикальными обтекаемыми стойками, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью уменьшения осадки судна при швартовке у берега, крепление вертикальных стоек к надводному корпусу выполнено подвижным по высоте с помощью штырей и замков, причем подводные корпуса снабжены балластными цистернами.

<u>Д-31.</u> А.с. СССР 524 728 (БИ, 30-1977). Катамаран, содержащий два корпуса, соединенных между собой шарнирно поперечными рычагами с силовыми цилиндрами, причем штоки силовых цилиндров связаны с шарниром, соединяющим поперечные рычаги, и соединительную платформу, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью обеспечения возможности прохождения узких фарватеров и повышения маневренности катамарана, каждый из поперечных рычагов шарнирно присоединен к борту корпуса, а платформа снабжена колесами, смонтированными на ее продольных краях, при этом платформа выполнена с поперечными пазами, а корпуса снабжены роллами, которые размещены в поперечных пазах платформы.

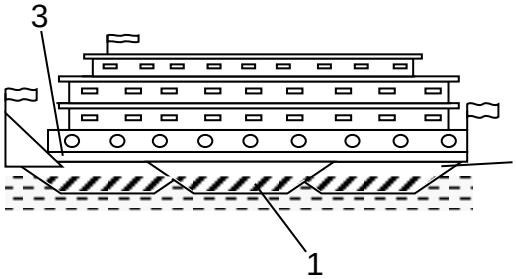


1 – корпуса
2 – поперечные рычаги
3 – шарниры
4 – платформа
5 - колеса

Рис. 108. Катамаран с подвижными связями.

<u>Д-32.</u> Пат. СССР 8 598 (30.03.1929 г.). Цилиндрическое судно с острой кормой и закругленным носом, характеризующееся тем, что корпус его состоит из металлических цилиндров соединенных друг с другом посредством пружин и закрепленных в общую водонепроницаемую эластичную оболочку, допускающую изгибы корпуса.

<u>Д-33.</u> А.с. СССР 486 938 (БИ, 37-1975). Многокорпусное судно, содержащее базовую грузопассажирскую платформу с надстройкой, под которой в оконечностях и средней части судна размещены корпусы с рулями и движителями, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью улучшения маневренных качеств, корпусы, расположенные в оконечностях судна, установлены с возможностью поворота вокруг вертикальных осей.



1 – корпусы судна
2 – подвижные корпусы
3 – платформа с надстройкой

Рис. 109. Многокорпусное судно

<u>Д-34.</u> Пат. Великобритании 1 403 191. Морская транспортная система составлена из большого числа однотипных контейнеров, которые могут комбинироваться.

Ужесточение претензий окружающей среды на макроуровне, как правило, ведет к дроблению системы на подсистемы, каждая из которых выполняет в "миниатюре" ГПФ системы.

<u>Д-35.</u> А. с. 472 846 (БИ, 21-1975). Разборная лодка, корпус которой содержит разборный каркас обтянутый водонепроницаемой оболочкой и концевые части, о т л и ч а ю щ а я ся тем, что, с целью уменьшения веса и амортизационных свойств носовой и кормовой частей лодки при столкновении с препятствием, разборный каркас установлен в средней части лодки, а концевые части выполнена в виде надувных емкостей.

Переход к гибким конструкциям или системам см. **Д-20, Д-21** и **Д-23**, а также рис.110.

Согласно схеме динамизации (рис. 105) на определенном этапе развития ТС возможен переход к подвижной ТС в виде системы из "жидкости". Такие системы пока предлагаются только в научной фантастика.

<u>Д-36.</u> Г. Альтов. Создан для бури (Сб. Фантастика-1967, изд-во ЦК ВЛКСМ "Молодая Гвардия", 1968 г. с. 11-42). Предлагается использовать направленное

цунами несущее на своем гребне корабль в виде диска. Частицы воды в волне описывают круг при прохождении волны .... "Частицы остаются на месте, а наш корабль скользит по этому кругу вперед, как по конвейеру на цилиндрических катках" - поясняет свою идею герой рассказа.

Претензии внешней среды: большая осадка (при швартовке у причала во время разгрузки), мелководье, узкие форватеры, макроволны (разрушающие судно) и т.д

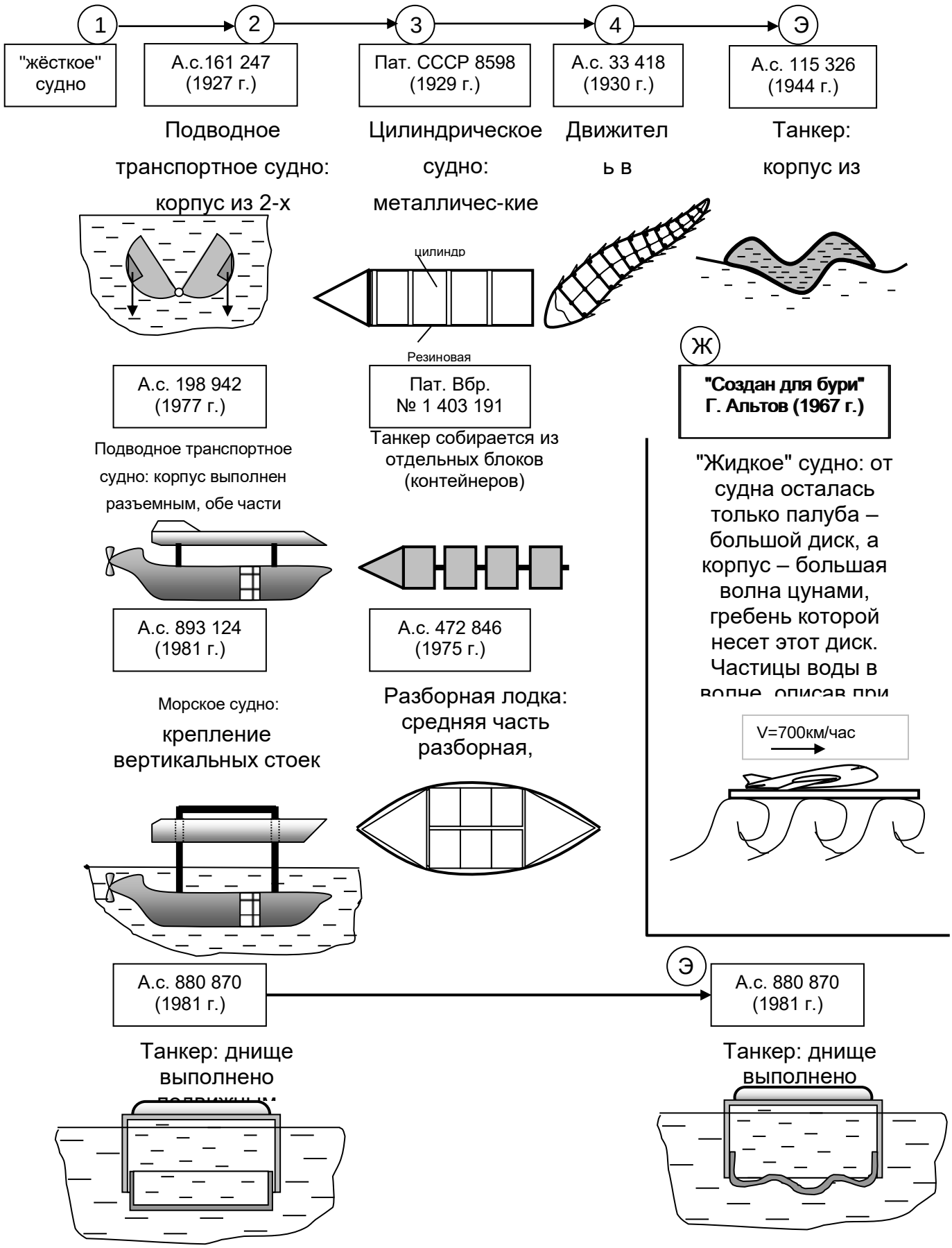


Рис.110. Динамизация технических систем.
Пример 3 - Динамизация судна

Если теперь детально еще раз проанализировать приведенные примеры, то можно выделить такую особенность динамизации ТС в окружающей среде:

♦ при проникновении претензий ОС внутрь ТС (в структуру) - динамизируется структура системы или ее части;

♦ при наличии у ТС пограничного слоя, испытывающего на себе основные претензии ОС - динамизируется пограничный слой.

Очевидно, эти особенности зеркальны относительно плоскости, лежащей между пограничными слоями ТС и ОС. Рассмотрим ряд примеров.

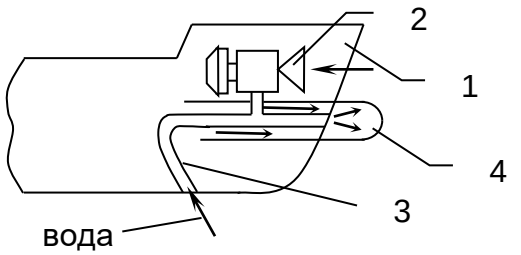
Д-37. А.с. СССР 85 781 (БИ, 8-1951) Глиссер для плавания с применением газовой прослойки, образуемой выпуском выхлопных газов в зареданное пространство, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что выхлопные газы подводятся и под редан, причем поток газов за редан и под редан регулируется задвижками, установленными на газопроводах.

Д-38. А.с. СССР 288 576 (БИ, 36-1971). Устройство для создания воздушной смазки на поверхности плоского днища судна, выполненного в виде системы труб подающих под днище воздух, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью формирования устойчивых воздушных прослоек (каверн) на плоскости днища .....

2. ... и получения оптимального эффекта в снижении сопротивления воды движению судна или системе судов при установившейся экономичной скорости, поперечные насадки расположены одна над другой на расстоянии равном предельной длине каверны, определяемой числом Фруда (около 0,55).

Д-39. А.с. СССР 318 501 (БИ, 32-1972). Судно с воздушной смазкой днища, выполненное с профилированным днищем и нагнетателем для создания реактивной тяги и подпора воздуха под днищем, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения пропульсивных качеств судна, его носовая часть выполнена с каналом, соединенным с днищем через реактивные насадки, а нагнетательное устройство выполнено в виде центробежного насоса, нагнетающего воду в реактивные насадки.

Д-40. А.с. СССР 1 030 238 (БИ, 27-1983). Способ снижения волнового сопротивления судна (и устройство для его осуществления) включающий воздействие на набегающий поток струёй воды, выпускаемой из носовой части судна ниже ватерлинии, навстречу натекающему потоку, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью снижения энергетических затрат и стабилизации течения, в месте выпуска струи воды на поток жидкости дополнительно воздействуют газообразным рабочим телом, например, воздухом.



1 – корпус судна (носовая часть)
2 – насос для подачи воздуха
3 – патрубок для подачи воды
4 – струя воды и газа

Рис. 111. Способ снижения волнового сопротивления судна

<u>Д-41</u>. А.с. СССР 954 304 (БИ, 32-1982). Устройство для снижения сопротивления воды движению судна, содержащее эластичную оболочку, прикрепленную с зазором к корпусу судна, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью обеспечения возможности использования энергии волн для создания воздушной смазки подводной части корпуса судна, оно содержит открытые снизу воздушные отсеки, размещенные на днище судна, и ресивер, сообщенный с этими отсеками посредством невозвратных клапанов по трубопроводу, при этом ресивер снабжен системой для раздачи воздуха по поверхности корпуса судна под водой, а каждый из воздушных отсеков перекрыт снизу частью упомянутой эластичной оболочки, которая выполнена в виде плоской замкнутой камеры, заполненной жидкостью, и снабжен напорным трубопроводом для подачи воздуха в этот отсек с невозвратным клапаном.

Для создания измененного пограничного слоя из воздуха частично используется энергия претензий окружающей среды непосредственно воздействующих на динамичный пограничный слой (эластичную оболочку) ТС.

Это видно также из следующих примеров.

<u>Д-42</u> А.с. СССР 1 009 878 (БИ, 13-1983). Корпус плоскодонного мореходного судна ..... о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью уменьшения гидродинамического сопротивления, пилообразные флоры снабжены эластичными лентами с зубчатыми задними кромками, прикрепленными внахлест передними кромками к флорам вдоль последних, расположенных под зубом пилообразного профиля.... и образующими между собой эластичную юбку.

Делались также попытки управлять процессом образования пузырьков путем применения простейших физэффектов.

<u>Д-43.</u> А.с. СССР 390 999 (БИ, 31-1973). Способ снижения сопротивления воды движению судна..... о т л и ч а ю щ и й с я тем, что тело нагревают в последовательно расположенных по его длине зонах до образования вокруг них паровых каверн, смыкающихся с кавитационными.

Или: применением более интересных эффектов, например, эффекта Томса, также позволяющего изменять свойства жидкости.

<u>Д-44.</u> Пат. США 3 435 796. В устройстве, уменьшающем сопротивление подводного аппарата, используется слабый раствор полимера, образующийся в пограничном слое забортной воды при смешении подогретой жидкой смеси либо гранулированного или порошкообразного полимера с морской водой. Подогретая жидкая смесь представляет собой дисперсию макромолекул полимера, растворимую в морской воде при температуре окружающей среды, но нерастворимую в воде при температуре выше 70^{0}С. Когда подогретая жидкая смесь попадает в холодную воду при соответствующих условиях окружающей среды, микрочастицы набухают и растворяются, образуя клейкую массу. В пограничном слое обтекаемого потока они образуют молекулярный раствор макромолекул, препятствуя турбулизации потока.

Д-45. **А.с. СССР 364 493. Способ снижения гидродинамического сопротивления движению тел, например, судов, путем уменьшения сил трения в пограничном слое, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью упрощения способа и повышения его эксплуатационной надежности путем исключения подачи в пограничные слои высокомолекулярных составов, в пограничном слое создают электромагнитное поле, генерирующее комплексы молекул.**

Согласно схеме динамизации (рис. 105) ОС можно изменять - динамизировать на любом из ее иерархических уровнях, например, на микроуровне.

Д-46. **В.Н.Журавлева. "Снежный мост над пропастью" (1969). Предложено изменять вязкость воды (см. рис. 112).**

К высокой степени динамичности и управляемости ОС человеком можно отнести переход к системе, описанной в карточке **Д-36**.

Итак, динамизация ТС, взаимодействующих с ОС, осуществляется в последовательности, отраженной схемой динамизации. Переход от одной характерной точки к другой зависит от конкретных условий и состояний ТС и ОС. Причем при пассивной адаптации, чем больше вводится в систему подвижных связей, тем сильнее адаптация, но меньше управляемость системы извне (из-за возросшей сложности системы при неизменных прежних органах управления). Это противоречие разрешается введением управляемых подсистем или идеального самоуправляющегося вещества.

Претензии внешней среды:
волновое сопротивление, кавитация, турбулентные потоки и т.д.

ГЖ → 5Ж → 6Ж

А.с. 85 781 (1950 г.)

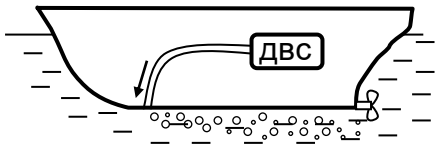
Глиссер: газовую прослойку под и за редан создают выхлопными

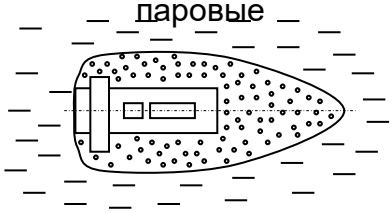
А.с. 390 999 (1973 г.)

Вместо газовых пузырьков – паровые

"Снежный мост над пропастью" В.Н.Журавлева (1969 г.)

Для уменьшения трения движению судна в направлении его движения излучают протоны: агрегаты молекул воды дробятся на отдельные молекулы - уменьшается вязкость и сопротивление движению.





ГЖ → ЭЖГ

А.с. 286 576 (1971 г.)

Плоскодонное судно: газовую прослойку создают подачей воздуха

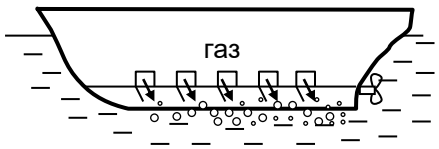
А.с. 954 304 (1982 г.)

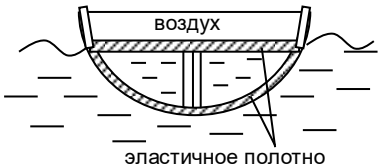
Под днищем судна в эластичной оболочке прокачивается самой набегающей волной воздушная прослойка

Изменение и управление внешней средой в надсистеме → Ж

"Создан для бури" Г. Альтов (1967 г.)

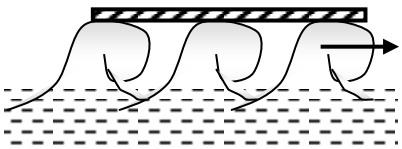
Создается направленное цунами, на гребне которой перемещается диск-судно





А.с. 1 009 878 (1983 г.)

Пилообразные флоры судна снабжены эластичными лентами с зубчатыми задними кромками, укрепленными внахлест и образующими при движении газовые пузырьки.



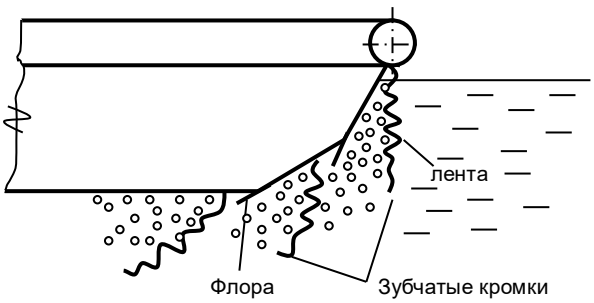


Рис.112. Динамизация технических систем
(Пример 4 - динамизация внешней среды)

4.2.3.2. Динамизация ТС взаимодействующих с технической средой.

До сих пор рассматривались цепочки динамизаций ТС взаимодействующих с окружающей средой, т.е. с природой. Развитие ТС шло по двум путям - по пути адаптации к претензиям ОС и по пути управления ими.

С развитием мира техники создается особая среда - техническая, которая на определенном этапе развития становится динамичной, подвижной, порождая свои претензии к вновь родившимся, но еще "жестким", "неуклюжим" и не динамичным техническим системам. Кроме того, "молодые" технические системы испытывают на себе и претензии, порожденные потребностями человека.

В качестве системы динамизирующейся в технической среде проанализирован электрод-инструмент для электрохимической обработки. Это электропроводный стержень (электрод), имеющий определенную форму. Для обработки изделия в место обработки после установки электрод-инструмента подают электролит. При этом изделие обычно служит вторым электродом. Для непрерывного течения процесса электрохимической обработки необходимо постоянно обновлять электролит.

Ниже приведена лишь часть карточек, связанных с развитием данной технической системы, - только та, которая относится к характерным точкам динамизации (см. рис. 113).

Можно выделить основные претензии технической среды и человека к электрод-инструменту или системе, которую он образует. Это:

♦ несогласованность подачи электролита и его расхода, а, следовательно, плохого выполнения ГПФ системы;

♦ несогласованность формы электрод-инструмента и формы оперативной зоны обрабатываемого изделия,

♦ точность,

♦ универсальность.

Д-47. А.с. 332 994 (БИ: 11-1972). Способ электрохимической обработки полостей с переменной площадью сечения, осуществляемый на прошивочных станках в открытой ванне с электролитом, перемещающимся электродом-инструментом, выполненным со щелями для подачи электролита, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения производительности обработки, подачу электрода-инструмента регулируют подачей электролита в зону обработки путем последовательного раскрытия щелей в электрод-инструменте по мере углубления его в обрабатываемую полость.

Д-48. А.с. СССР 554 125 (БИ, 14-1977). Электрод-инструмент для электрохимической обработки полостей с переменной площадью сечения, включающий полый корпус со щелями и гибкую заслонку, перекрывающую щели, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения точности фиксирования заслонки относительно щелей, в нем заслонка выполнена в виде эластичной ленты, прикрепленной к корпусу электрода-инструмента посредством сухарей, нижний из которых соединен с подпружиненным упором.

ПРЕТЕНЗИИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ (ТЕХНИЧЕСКОЙ)

Электролит не обновляется вокруг электрод-инструмента

Электролит не обновляется в месте контакта электрод-инструмента с изделием

Электролит подается с избытком или в недостаточным количестве

Изделие имеет сложную форму и электрод-инструмент не способен ее обработать, оставаясь жестким

Изделие имеет сложную форму и для его обработки требуется несколько электрод-инструментов, обрабатывающих изделие на определенном этапе обработки.
Или: потребность одним электрод-инструментом обрабатывать любые сложные поверхности изделий

1. ЦЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ

Повышение производительности — Точность — Точность — Повышение ГПФ, расширение технологических возможностей

1 → 2 → 3 — Э → 6 → 6.1 → 6.2

5.1

электрод-инструмент

Со щелями для подачи электролита, перемещается в процессе работы

А.с. 332 994 (1972 г.)

Подачу электрод-инструмента регулируют подачей электролита в зону обработки путем последовательного раскрытия щелей подвижными заслонками

А.с. 554 125 (1977 г.)

Подвижная заслонка выполнена в виде эластичной ленты, прикрепленной к корпусу посредством сухарей (лента собирается по мере обработки в гофры)

А.с. 841 891 (1981 г.)

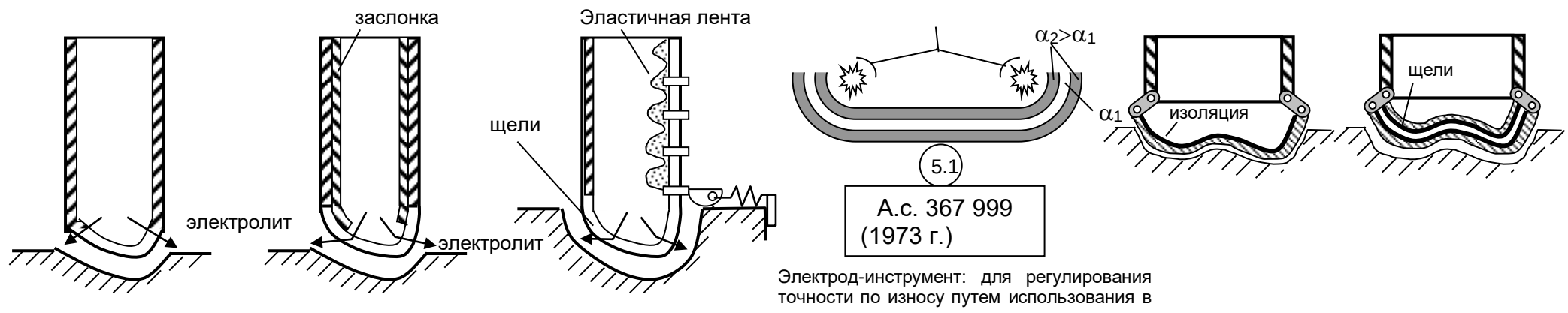
Катод-инструмент для обработки сложных поверхностей с малой кривизной выполнен из биметаллического материала; регулируют источниками тепла и датчиками положения профиля

А.с. 737 186 (1980 г.)

Электрод-инструмент, рабочая часть выполнена из токопроводящей полосы материала с ЭПФ

А.с. 737 186 (1980 г.)

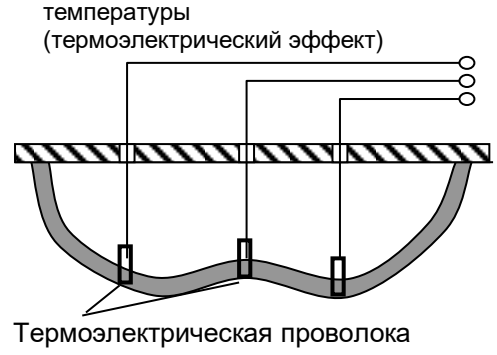
То же из нескольких токопроводящих полос из материала с ЭПФ с различными температурами мартенситного превращения



5.1

А.с. 367 999 (1973 г.)

Электрод-инструмент: для регулирования точности по износу путем использования в качестве регулируемого параметра температуры (термоэлектрический эффект)



2. ЦЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ

Увеличение активной поверхности, стойкости, расширение технологических возможностей
Увеличение ГПФ

1 → 3 → Э → Э → Э.2

Электрод-инструмент

В виде

А.С. № 385707 (1973 г.)

Пластинчатый электрод-инструмент выполнен в виде нюрбегских ножниц - для изменения активной зоны

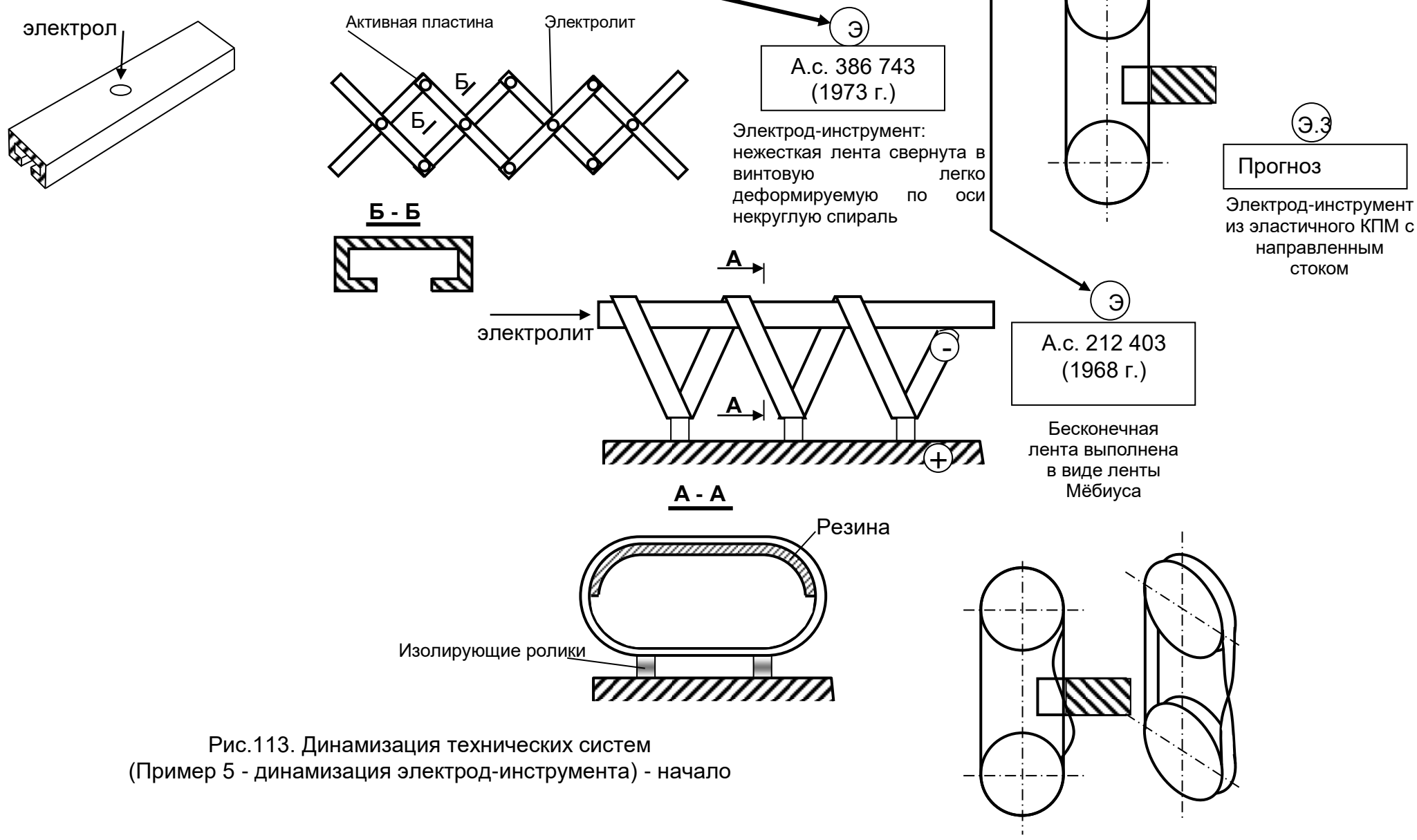
Электрод-инструмент в виде нежесткой ленты

Бесконечный ленточный электрод-инструмент

Из металлической ленты с двух-сторонней режущей кромкой

А.с. 304 104 (1971 г.)

Электрод-инструмент из сетчатой металлической ленты, помещенной между двумя сетками из диэлектрического материала



Э

А.с. 386 743 (1973 г.)

Электрод-инструмент: нежесткая лента свернута в винтовую легко деформируемую по оси некруглую спираль

Э.3

Прогноз

Электрод-инструмент из эластичного КПМ с направленным стоком

Э

А.с. 212 403 (1968 г.)

Бесконечная лента выполнена в виде ленты Мёбиуса

Рис.113. Динамизация технических систем
(Пример 5 - динамизация электрод-инструмента) - начало

3. ЦЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ
Повышение универсальности, ГПФ, чистоты обработки, уменьшение износа

1 → 2 → 3 → Э

1: Электрод-инструмент в виде стержня

2: А.с. 297 250 (1973 г.)

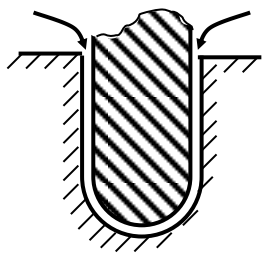
3: А.с. 144 719 (1961 г.)

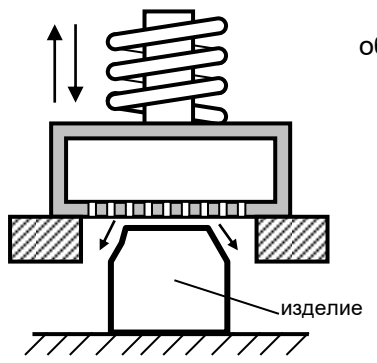
Э: А.с. 295 644 (1971 г.)

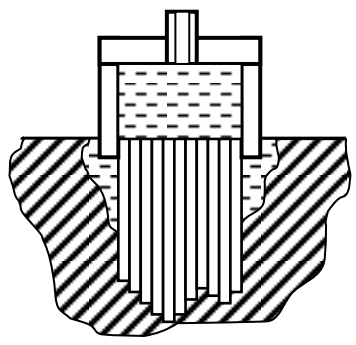
Электрод-инструмент подпружинен и имеет возможность перемещаться в направлении на изделие

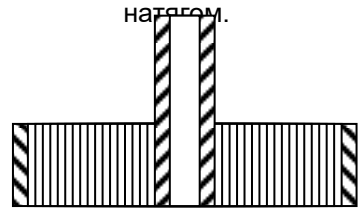
Фасонный электрод-инструмент: пучок одинарных электродов, фиксируемых держателем, позволяющим воспроизводить конфигурацию обрабатываемой поверхности

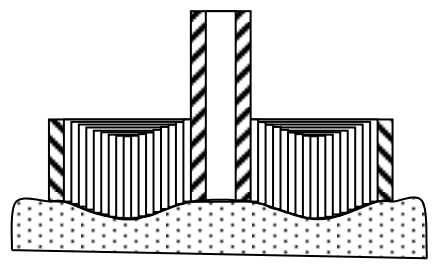
Катод для электрохимической обработки преимущественно тел вращения; образован гибкой лентой, навернутой на трубу с натягом.











1

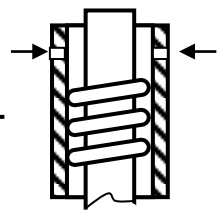
А.С. 173 117 (1965 г.)

Электрод-инструмент: участок поверхности параллельный направлению подачи – из материала с высокой эррозионной стойкостью, а участок перпендикулярный направлению подачи - из материала, допускающего высокую

2

А.с. 852 485 (1979 г.)

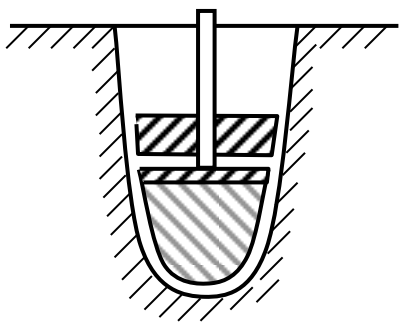
Электрод-инструмент в виде стержня с установленной на нем пружиной



3

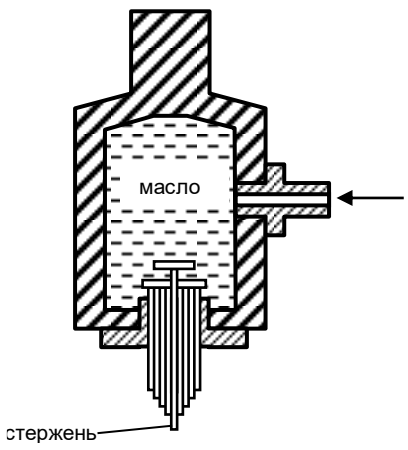
А.с. 370 004 (1973 г.)

Электрод-инструмент выполнен в виде трубчатых элементов, телескопически входящих друг в друга



2

А.с. 1 016 130 (1983 г.)

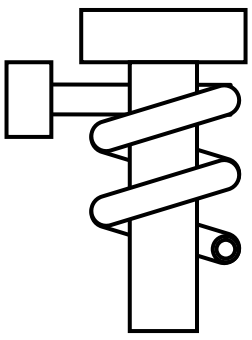


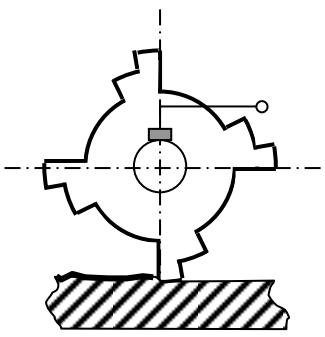
1

А.с. 217 559 (1975 г.)

Электрод-инструмент в виде двухступенчатого диска: одновременно выполняет черновую и чистовую обработку

То же, но пружина выполнена полой – для эвакуации продуктов эрозии.

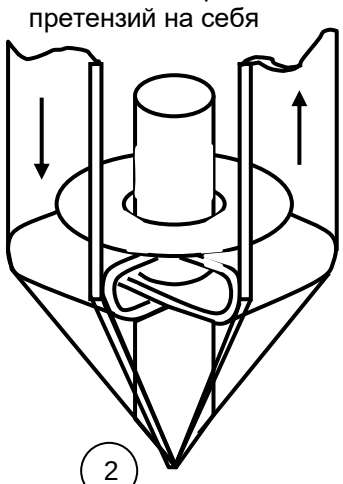




2

А.с. 139 913 (1961 г.)

Инструмент для электро-эрозионной обработки: конусный наконечник охвачен движущейся металлической лентой-электродом: пограничный слой отделен от самого электрода и сделан подвижным для принятия претензий на себя



2

А.с. 175 374 (1965 г.)

Электрод-инструмент выполнен разрезным и при вращении под действием центробежных сил половинки раздвигаются и прижимаются к стенкам отверстия

Рис.113. Динамизация технических систем
(Пример 5 - динамизация электрод-инструмента) - окончание

Д-49. А.с. СССР 841 891 (БИ, 24-1981). Катод-инструмент для электрохимической размерной обработки сложных поверхностей с малой кривизной с рабочей частью выполненной многослойной, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения точности, внутренний слой выполнен из материала с большим коэффициентом линейного расширения по сравнению с наружным токопроводящим слоем, а в местах перегиба внутреннего слоя установлены регулируемые источники тепла и датчики положения профиля.

Д-50. А.с. СССР 367 999 (БИ, 9-1973). Электрод-инструмент для электроэрозионной обработки фасонных полостей, ... о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения производительности обработки путем использования температуры рабочей поверхности в качестве параметра регулирования и повышения точности путем обнаружения предельно допустимого износа электрода-инструмента, горячий спай термопары образован выступающей из диэлектрической трубки термоэлектродной проволокой и телом электрода-инструмента.

Приведенный пример (**Д-50)** наглядно демонстрирует не только процесс адаптации самой ТС, но и ее подсистемы, выполняющей роль измерительной системы. Происходит процесс поглощения измерительной системы системой, в которую она включена. При этом используются те поля, которые имеются в системе, а также и поля, имеющиеся в отходах Э,В и И системы. Кроме того, поглощение (совмещение) измерительной системы - это также и поиск новых функций будущего идеального вещества ТС.

Д-51. А.с. СССР 737 186 (БИ, 20-1980, с. 71). Электрод-инструмент для размерной электрохимической обработки поверхностей с переменной площадью сечения, включающий корпус со щелями для подачи электролита, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью расширения технологических возможностей инструмента, а также стабилизации гидродинамического режима, рабочая часть электрода-инструмента выполнена из одной или нескольких параллельных полос токопроводящих сплавов, обладающих эффектом памяти формы, причем в память сплавов предварительно задана требуемая форма полос, а к корпусу полосы прикреплены посредством серег.

Для обработки плоских изделий используются плоские электроды инструменты. Основными претензиями, в данном случае со стороны технической среды и человека, являются:
1. Необходимость изменения активной поверхности электрода-инструмента (в соответствии с поверхностью изделия).
2. Повышение стойкости электрода-инструмента.
Причем первая претензия действует на макроуровне, а вторая - на микро-уровне.

Д-52. А.с. СССР 385 707 (БИ, 26-1973). Пластинчатый электрод-инструмент для обработки плоских поверхностей, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью обеспечения возможности изменения величины покрываемой им площади, он выполнен в виде нюргбергских ножниц, один ряд звеньев которых изготовлен из токопроводящего материала, а второй из диэлектрика.

Затем для лучшей адаптации к плоской поверхности, перешли к плоской гибкой ленте. Но такая конструкция не позволяла менять активную поверхность

электрода-инструмента: для обработки различных поверхностей нужен был набор таких лент. Требовался следующий шаг по пути динамизации ТС. Здесь необходимо остановиться на одной особенности гибких динамичных систем (упругих). Для повышения полезно-функциональных свойств системы, а также увеличения ГПФ, используют различные геометрические эффекты, например, переход от ленты к спирали, кольцу, ленте Мёбиуса и т.д.

Д-53. А.с. СССР 386 743 (БИ, 27 - 1973). Электрод-инструмент для электрохимической обработки плоских поверхностей, выполненный из нежесткой ленты, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью расширения технологических возможностей, лента свернута в винтовую легкодеформируемую спираль, концы которой подключены к отрицательному источнику технологического тока.

Д-54. А.с. СССР 212 403 (БИ, 9-1968). Бесконечный ленточный электрод-инструмент с двухсторонней режущей кромкой, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения стойкости электрода-инструмента и производительности процесса резания, концы ленты соединены так, что у нее не различаются наружная и внутренняя поверхности, вследствие чего каждая кромка ленты становится продолжением другой, т.е. при неизменной длине ленты длина режущей кромки увеличивается вдвое (лента Мебиуса(.

Д-55. А.с. СССР 304 104 (БИ, 17-1971). Ленточный электрод-инструмент для электрохимической обработки, выполненный из сетчатых металлической и диэлектрической лент, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью расширения технологических возможностей, инструмент дополнительно снабжен второй диэлектрической сетчатой лентой, прикрепленной к металлической так, что последняя расположена между двумя диэлектрическими.
Вторая диэлектрическая сетчатая лента введена для устранения отрицательных эффектов излишней гибкости металлической ленты.

Приведенные цепочки динамизаций одного вида ТС показывают большое разнообразие электродов-инструментов предназначенных для обработки различных изделий и поверхностей.
Далее также приведены примеры этого многообразия.
Причем некоторые из электродов-инструментов еще не прошли этап динамизации, а другие прошли его, но на новом витке развития стали вновь "жесткой" моно'-ТС.

Д-56. А.с. СССР 173 117 (БИ, 14-1965(. Электрод-инструмент для электроэрозионной обработки фасонных полостей из элементов с различными физическими свойствами, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения эффективности процесса, участии поверхности электрода-инструмента, параллельные или образующие с направлением подачи острые углы, выполнены из материала с более высокой относительно других участков эрозионной стойкостью, а участки, образующие с направлением подачи углы, близкие к 90^0 - из материала, допускающего максимальную плотность тока на своей поверхности, например, из меди.

Д-57. А.с. СССР 217 559 (БИ, 6 - 1975). Дисковый электрод-инструмент для электроэрозионной обработки металла, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения чистоты обработки поверхности путем выполнения черновой и

чистовой операций одним электродом-инструментом, диск по периферии разделен на рабочие секторы и пазы между ними, причем каждый сектор выполнен двухступенчатым.

Это пример частично свернутой би - системы со сдвинутыми характеристиками, но еще не прошедшей этап динамизации.

Д-58. А.с. СССР 297 250 (БИ, 25-1973). Станок для электроэрозионной размерной обработки поверхностей изделий..., о т л и ч а ю щ и и с я тем, что, с целью компенсации износа электрода-инструмента и сохранения его формы, электрод-инструмент установлен на валу с возможностью упругого осевого перемещения, ограничиваемого в направлении на изделие.

Неравномерность развития частей ТС приводит к тому, что одновременно в одной ТС может идти процесс динамизации ее частей и идеализации путем совмещения функций в одной подсистеме за счет вытеснения из нее лишних веществ (подсистем).

Д-59. А.с. СССР 1 016 130 (БИ, 17-1983). Электрод-инструмент для электроэрозионной обработки отверстий, выполненный в виде стержня с установленной на нем пружиной, внутренний диаметр которой равен диаметру стержня, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения производительности и обработки за счет улучшения условий эвакуации продуктов эрозии из рабочей зоны, пружина выполнена полой.

Д-60. А.с. СССР 175 374 (БИ, 19-1965). Способ электроэрозионной обработки предварительно просверленных отверстии, ... о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью придания отверстию правильной формы, электрод-инструмент выполняют разрезным и приводят его во вращательное движение со скоростью, обеспечивающей раздвижение рабочих частей инструмента и их прижатие к стенкам отверстия под действием центробежных сил.

Д-61. А.с. СССР 139 913 (БИ, 14-1961). Инструмент для электроэрозионной обработки с точечным контактом, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью уменьшения влияния износа на точность копирования, он снабжен конусным наконечником, охватываемым движущейся металлической лентой, являющейся электродом.

Претензии технической среды действуют на ТС на микроуровне, поэтому одна из первых попыток адаптации системы без изменения ее принципа или структуры - динамизация пограничного слоя.

Д-62. А.с. СССР 625 894 (БИ, 36-1978) Сборный электрод-инструмент для электрохимического формообразования полостей, ... о т л и ч а ю щи и с я тем, что, с целью повышения жесткости электрода-инструмента... выступы и соответствующие им пазы ребер соседних элементов соединены с возможностью относительного перемещения в направлении продольной оси и образуют неразъемный в поперечном направлении замок.

Для повышения адаптации ТС к обрабатываемому изделию электрод-инструмент делят на части, соединяя их затем подвижными связями.

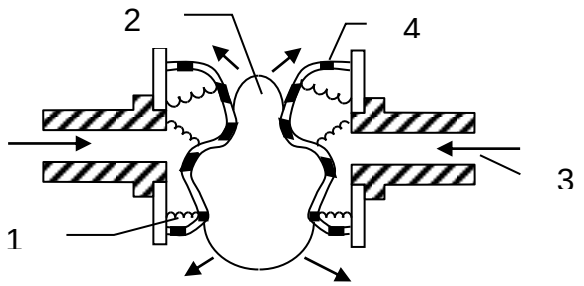
<u>Д-63</u>. А.с. СССР 144 719 (БИ, 3-1961). Фасонный электрод-инструмент для электроэрозионных станков, о т л и ч а ю н и и с я тем, что, с целью его универсализации и снижения стоимости, он выполнен в виде пучка элементарных электродов произвольного сечения, обеспечивающего возможность протекания электролита между электродами пучка, и фиксируемых держателем таким образом, что торцовая рабочая поверхность пучка воспроизводит конфигурацию обрабатываемой поверхности.

Особенностью технической среды является то, что ее объекты, как правило, имеют определенную форму, которая может меняться в процессе обработки изделия инструментом или при переходе от одного изделия к другому. Это обстоятельство заставляет приспосабливаться ТС - инструмент к форме изделия, за счет его динамизации, которая придает ТС еще одно важное свойство - универсальность. При этом ТС приобретает организацию выше организации обрабатываемого изделия.

<u>Д-64</u>. А.с. СССР 370 004 (БИ, 11-1973). Профилированный электрод-инструмент для электроэрозионной обработки фасонных окон в электропроводных пленках, нанесенных на электроизоляционную подложку, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью полного удаления электропроводной пленки со всей поверхности подложки, электрод - инструмент выполнен в виде набора трубчатых элементов телескопически входящих один в другой.

<u>Д-65</u>. А.с. СССР 295 644 (БИ, 8-1971). Катод для электрохимической обработки деталей, преимущественно тел вращения, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с цельно достижения его универсальности, он образован гибкой лентой, навернутой рулоном на конец трубы с натягом, допускающим деформацию рулона в осевом направлении для образования на торце необходимой формы.

<u>Д-66</u>. А.С. СССР 511 178 (БИ, 15-1976). Электрод-инструмент для электрохимического шлифования и полирования криволинейных поверхностей, выполненный в виде диэлектрического притира, укрепленного на токопроводящей головке, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью сохранения постоянным межэлектродного зазора при обработке криволинейных поверхностей, токопроводящая головка выполнена в форме металлической пружинной подушки, а диэлектрический притир выполнен в виде сетки, натянутой на подушку.



1 – пружинные подушки
2 – изделие (перемещающееся)
3 – подача электролита
4 – диэлектрический притир

Рис. 114. Электрод-инструмент для обработки криволинейных поверхностей

Адаптация электрода-инструмента к изменению режима обработки путем динамизации параметров поля приведена в карточке **ТТ-56**.

Итак, динамизация ТС в технической среде в целом не отличается от динамизации ТС в окружающей (природной) среде. При динамизации технической системы-инструмента обязательным условием является превышении организации инструмента над организацией изделия. В других случаях взаимодействия ТС, когда это взаимодействие “неантагонистично", динамизация систем осуществляется в соответствии с законом согласования (соответствия) организаций ТС.

Как и при динамизации в ОС, ТС-инструмент или просто ТС, стремится максимально использовать те поля, которые имеются в системе и те, которые являются "отходами" имеющихся полей.

Отмеченные особенности можно проследить и на динамизации тепловой трубы (см. рис. 115).

Приведенные цепочки динамизации показали, что адаптация ТС носит относительный, но направленный характер (см. рис. 116), внешне напоминающий "броуновское движение". **Чем дальше ТС уходит от начальной точки своего рождения, тем управляемее и идеальнее она становится. Динамизация - это один из механизмов идеализации ТС**. Причем динамизации подвержена не только сама система, ее части, вещество ее частей, но и поля входящие в нее. И, независимо от того, когда появляется то или иное изобретение, развивающее исходную систему, в целом система как вид проходит через ряд характерных для динамизации точек (рис. 105) - если в процессе развития она испытывает на себе меняющиеся воздействия окружающей ее среды. Теперь можно сформулировать условия необходимости динамизации.

Если при взаимодействии двух и более систем (ТС и ОС или $ТС_1$ и $ТС_2$) одна из них имеет меняющуюся во времени организацию и несоответствие их организаций ухудшает выполнение главной полезной функции другой технической системы, то должна быть динамизирована одна из систем (преимущественно техническая) до соответствия их организаций, а затем - до превышения организации технической системы над организацией окружающей среды (для изделия - только до превышения организации инструмента).

Формально это условие может быть записано в виде уравнения.

где: $Д(О)_{ТС}$ – динамизация ТС, имеющей организацию $(О)_{ТС}$,

$\pi(О)_{ОС}$ - меняющиеся претензии ОС, имеющей организацию $(О)_{ОС}$,

Т – время, в течение которого происходят изменения ОС и ТС

$$Д(0)_{TC} - \pi(0)_{OC} \geq 0$$

$$Д(0)_{TC} = \frac{O_1 - O_2}{T}$$

$$\pi(0)_{OC} = \frac{O_1 - O_2}{T}$$

$$(0)_{TC} = F(Э, B, И)_{TC}$$

$$(O)_{OC} = f(Э, B)$$

Претензии технической и внешней среды (см. разделы о ТТ)
Цель динамизации: повышение ГПФ и управляемости

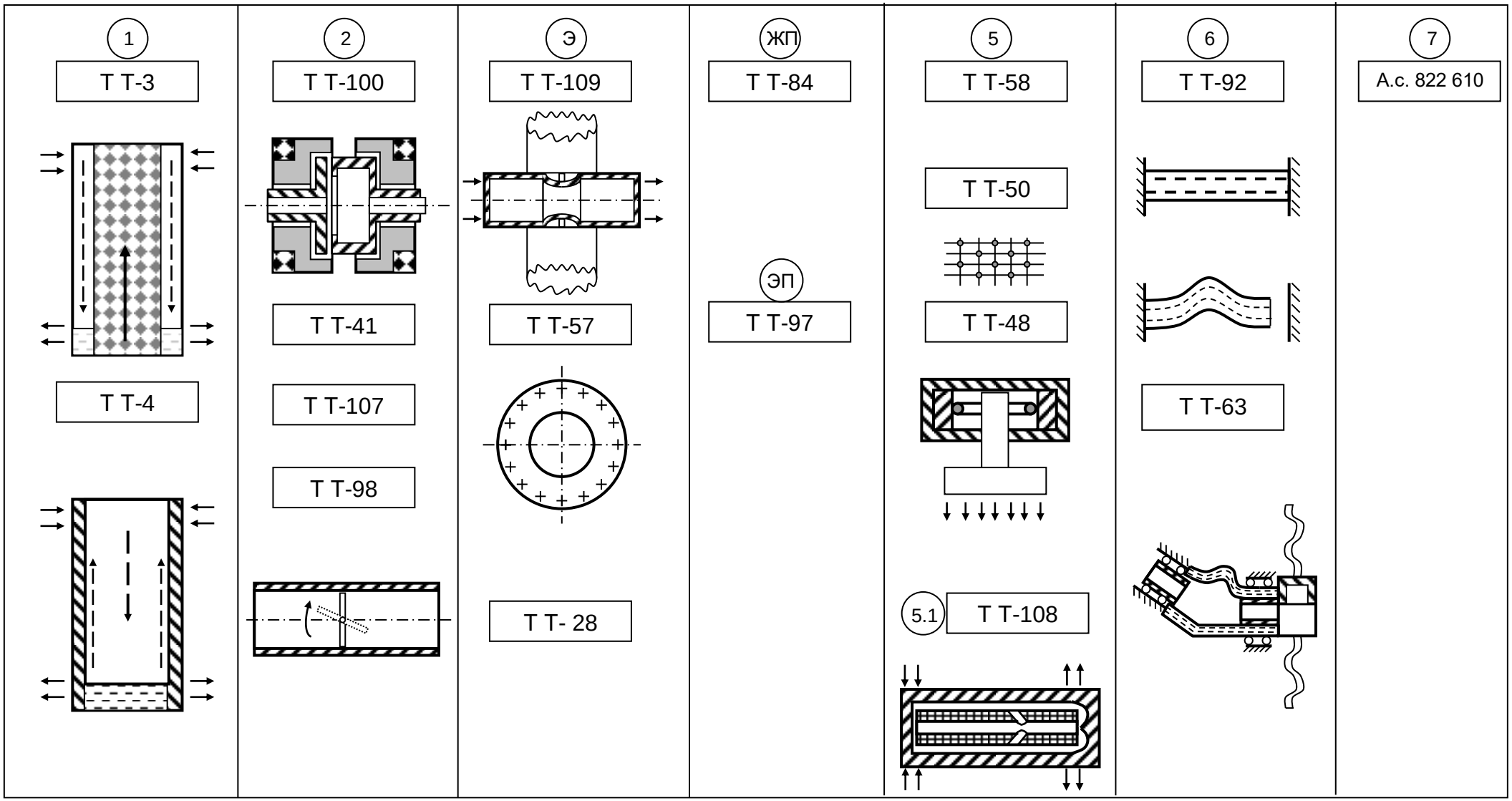


Рис.115. Динамизация технических систем (Пример 6 - динамизация тепловой трубы)

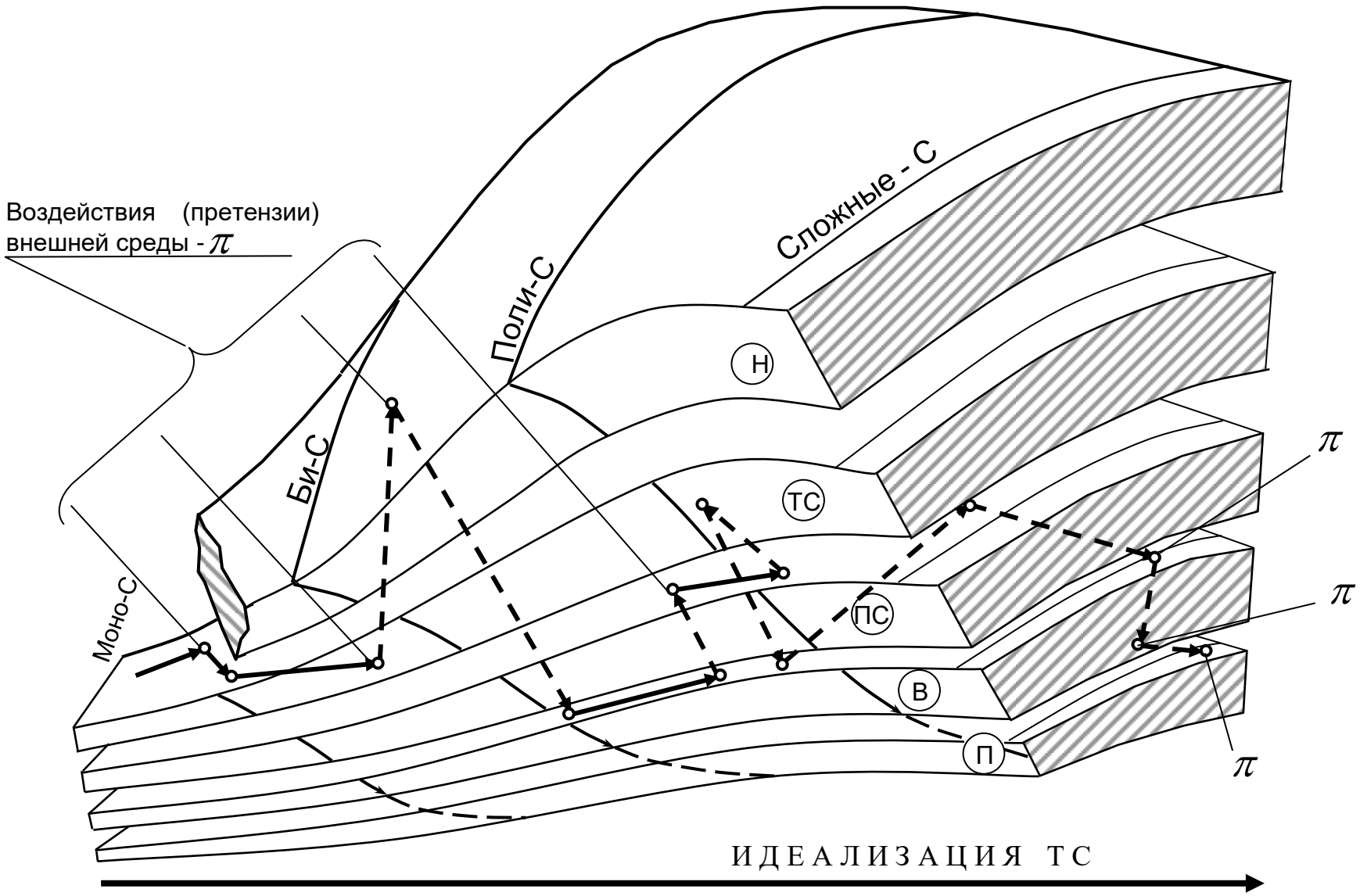


Рис. 116. Характер адаптации ТС в процессе динамизации

4.2.4. Прогнозирование: цепочки -"ДНК" динамизации ТС.

Технические системы развиваются закономерно - это основной постулат ТРИЗ. Следовательно, зная особенности того или иного закона развития ТС всегда можно спрогнозировать дальнейшее развития технических систем на одну или более характерные точки по схеме динамизации и решать возникающие при этом изобретательские задачи. В цепочках схемы (рис. 105) как в ДНК записано какой быть системе в том или ином "возрасте". Путь динамизации конкретной ТС зависит от тенденций развития потребностей общества и уровня проникновения "претензий" (воздействий) окружающей среды в ТС.

В предыдущих разделах были рассмотрены динамизация корпуса и остова судна. Рассмотрим, например, случай динамизации корпуса судна и окружающей его среды. Были предложены гибкие управляемые оболочки, способы изменения свойств жидкости, например, введением вещества, нагревом воды и т.д. Однако любое из предложенных решений требует дополнительной подсистемы и значительного расхода энергии. Следовательно есть потребность устранить эти недостатки (учитывая, что ТС в процессе адаптации к ОС дошла до точек Э (для корпуса) и ГЖ (для ОС) - т.е наиболее динамизирован в судне пограничный слой, включающий гибкую оболочку и примыкающий к ней слой воды, содержащей мелкие пузырьки газа). По схеме динамизации следующий шаг должен заключаться в переходе к управляемым или самоуправляемым процессам образования пузырьков газа и к управлению гибкостью оболочки. А для этого подсистема, которая раньше обслуживала оболочку (источники электроэнергии, магнитного поля и т.д.) должны поглотиться веществом оболочки, которое само под воздействием претензий ОС будет превращать энергию этих претензий и направлять ее на образование пузырьков. Нужно только перейти от точки Э к точке 5 (рис. 105), т.е. на микроуровень, используя однородную динамизацию нового вещества оболочки. Один из путей, например, использование гибкой пьезополимерной пленки, на которую напылены полоски электродов. Под воздействием изменяющейся среды в пьезополимерной пленке будет вырабатываться электроэнергия, которая и будет использована для получения пузырьков с помощью электролиза воды. Теперь претензии ОС сами будут разрушать себя или сами себя приспосабливать к судну. Аналогичный эффект может быть получен и применением электретной пленки, которая при определенной конструкции будет более эффективной, чем пьезополимерная пленка.

Практически .любую систему, зная о ней по последней "точке" динамизации и соблюдая отмеченные выше условия, можно развить дальше по пути динамизации. И сделать это можно с большой точностью, потому что закон увеличения степени динамизации является объективным законом развития как технических, так и любых других систем. Его игнорирование зачастую приводит к консервации системы или значительному запаздыванию изобретений.

Вот типичный пример.

По одному нефтепроводу нужно было перекачивать нефть с разными физико-химическими свойствами так, чтобы она не смешивалась. Обычно для этой цели применяют различные разделители с манжетами, дисковыми и

щеточными уплотнителями и т.д. Но и они не предотвращают смешение нефти и плохо проходят через углы поворотов, насосные установки и т.п.

Эти условия задачи были опубликованы в "Комсомольской правде" 31.06.80 г. Один из НИИ Москвы предложил "новое" решение проблемы. Намечалось разработать конструкцию поплавка-разделителя и изготовить испытательный стенд, имитирующий условия нефтепровода... Бесперспективно, дорого, долго.

Эта задача была решена применением закона динамизации (тогда еще приема динамичности). Рассмотрим решение данной проблемы, с точки зрения предложенной схемы динамизации.

Имеется конструкция со многими подвижными связями - точка 3 (рис. 105), например, разделитель с дисковыми уплотнителями. Нужно повысить его приспосабливаемость к условиям нефтепровода: подвижной нефти и изменяющейся геометрии нефтепровода на всем его протяжении. Согласно схеме нужно перейти от точки 3 к точке 4, Э (гибкому разделителю), П (разделителю из шариков или порошка), Ж (разделителю из жидкости), Г (разделителю из газа) и т.д. Ясно, что приспосабливаемость разделителя будет увеличиваться с повышением степени его дисперсности. Исходя из условий нефтепровода, он должен отвечать следующим требованиям: свободно проходить через любые сечения нефтепровода и легко извлекаться при выходе из него. Наиболее динамичный и идеальный из предлагаемых схемой разделителей (отвечающий принципу ВПФ-совместимости) - разделитель из жидкости. А на выходе из трубопровода он должен быть, лучше всего, газообразный. Теперь нетрудно подобрать вещество, отвечающее этим двум требованиям. Такое решение было опубликовано еще в 1964 в книге Г.С.Альтшуллера "Основы изобретательства", полученное на Ставропольском семинаре по АРИЗ. В качестве разделителя предлагалось использовать жидкий аммиак. Красивое решение. Однако потребовалось 20 лет, чтобы от разделителя с манжетами перейти к разделителю-поплавку.... О жидком разделителе разработчики из НИИ и не слышали. Такова плата за незнание законов развития технических систем.

Таким образом, знание закона динамизации позволяет решать не только "ближние" задачи, но и прогнозировать их на несколько точек вперед. При этом направление динамизации технических систем определяется основными тенденциями их развития (динамизируется часть ТС испытывающая наибольшие претензии внешней среды). Местоположение оперативной зоны динамизации в иерархии ТС зависит от глубины проникновения в систему "претензий" окружающей среды (внешней и технической) и потребностей человека. Причем, в характерных точках динамизация основана на физических, геометрических и химических эффектах и их сочетаниях. Чем выше точка динамизации (на схеме), тем "тоньше" и управляемее используемый эффект.

4.2.5. Физические, химические и геометрические эффекты на этапе динамизации технических систем.

Этап динамизации можно разделить на три подэтапа:

1. ***Пассивная адаптация,***
2. ***Активная адаптация,***
3. ***Собственно динамизация.***

На первом подэтапе динамизации в основном используются простые механические эффекты и геометрические эффекты - на макро- и мезоуровне, а на микроуровне - неуправляемые физические (ФЭ) и химические эффекты (ХЭ). В основном это "реакция" свойств системы, ее вещества на свойства воздействующей на них окружающей среды.

На втором и третьем подэтапах происходит переход к управляемым ФЭ-ХЭ. В начале - с использованием тех свойств, которые имелись в системе. Затем - после "очистки" от лишних свойств и веществ в процессе идеализации вещества - к ИВ, полям, физическим, химическим и геометрическим эффектам. На самой высокой стадии динамизации в ТС используются самоуправляемые вещества, сочетающие в себе гамму различных эффектов.

Примеры применения ФЭ, ХЭ и ГЭ на этапе динамизации отражены в карточках: Д-15, 16, 17, 18, 19, 25, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 60.

Здесь следует обратить внимание на особенность динамизации - развитие связей в системе: *жесткая вещественная связь → подвижная связь → "нулевая" связь → гибкая связь → вещественно-полевая → полевая связь ...*

4.2.6. Взаимосвязь динамизации с законами развития технических систем.

Динамизация, как один из механизмов идеализации технических систем, является сложным процессом связанным со многими тенденциями и законами развития ТС. Об этом говорилось во многих разделах данной работы. Поэтому здесь остановимся лишь на некоторых.

Одной из тенденций, проявлявшейся в процессе динамизации, является тенденция деления ТС на части и объединения их подвижными связями, затем дальнейшее деление системы на части, смещение характеристик этих частей и объединение их в новую систему. При этом перечисленные операции сопровождаются увеличением неоднородности объединяемых частей и переходом системы на микроуровень, который сопровождается идеализацией её вещества (см. гл. 3). Причем, на мезоуровне определяющей тенденцией является увеличение степени дисперсности и переход к композитам.

Проникновение претензий ОС на разную глубину иерархии ТС и взаимодействие их с разными частями системы приводит к неравномерному развитию частей технической системы. Это является отражением закона неравномерности развития частей системы на этапе динамизации.

Одним из наиболее важных законов, проявляющихся на этапе динамизации, является ***закон соответствия организаций ТС и ОС***. Из него вытекают два следствия:

1. Для адаптации ТС к ОС необходимо соответствие их организаций или принятие ТС организации ОС.

2. Для динамизации ТС организация ТС всегда должна быть выше организации ОС.

4.2.7. Антидинамизация.

До сих пор речь шла о том, что с развитием технических систем повышается степень их динамичности. В систему вводятся гибкие, подвижные связи, позволяющие ей лучше приспособиться к взаимодействующей с ней средой. Но вот несколько примеров, когда для лучшей приспосабливаемости системы повышают ее жесткость.

Например, чтобы воздухо-опорное сооружение надежно противостояло натиску ветра, по а.с. СССР 528 373 к шатру крепят элементы жесткости в виде колец переменного сечения, накачанных подобно шинам велосипеда. А для управления жесткостью шланга по а.с. СССР 934 143 его гибкий изолирующий материал выполнен пористым и пропитан электрореологической суспензией.

Еще один пример.
А.с. СССР 479 871: стойка шахтной крепи, включающая пневматический баллон, соединенный с верхним и нижним основаниями, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью увеличения жесткости крепи, основания снабжены дисками с фиксаторами угла поворота и шарнирно укрепленными стержнями, которые расположены наклонно относительно оси стойки.

Введение жестких связей - **антидинамизация** - не противоречит закону динамизации, а отражает диалектический характер развития технических систем. Она преобладает в тех случаях, когда воздействие каких-либо меняющихся условий вызывает необходимость уменьшения или ликвидации подвижности технических систем. Это один из путей уйти от разрушающего действия ОС при переходе претензий ОС с уровня, на котором было соответствие организаций ТС и ОС на более высокий, т.е. макроуровень, или - при переходе ТС на новый уровень организации, на котором сохраняются воздействия прежнего уровня претензий ОС (за счет физических или иных свойств вещества ТС).

Борьба и единство двух тенденций сопутствуют развитию ТС на любом этапе динамизации. На макроуровне вначале растет динамизация структуры ТС, но сохраняется антидинамизация частей и вещества системы. При переходе на микроуровень, наоборот, на макроуровне система становится жесткой, а на микроуровне становится подвижной структура вещества и его подсистем.

Зная о второй стороне закона динамизации - антидинамизации, всегда можно заранее решать возникающие задачи и прогнозировать новые.

4.3. Диалектика динамизации.

Динамизация технических систем, как диалектический процесс, отражает всю

гамму противоречий возникающих при воздействии на них меняющихся условий, претензий окружающей среды. Разнообразие этих претензий приводит к созданию разнообразия технических систем, отзывчивых на них. Однако претензии ОС меняются гораздо быстрее, чем создается многообразие ТС

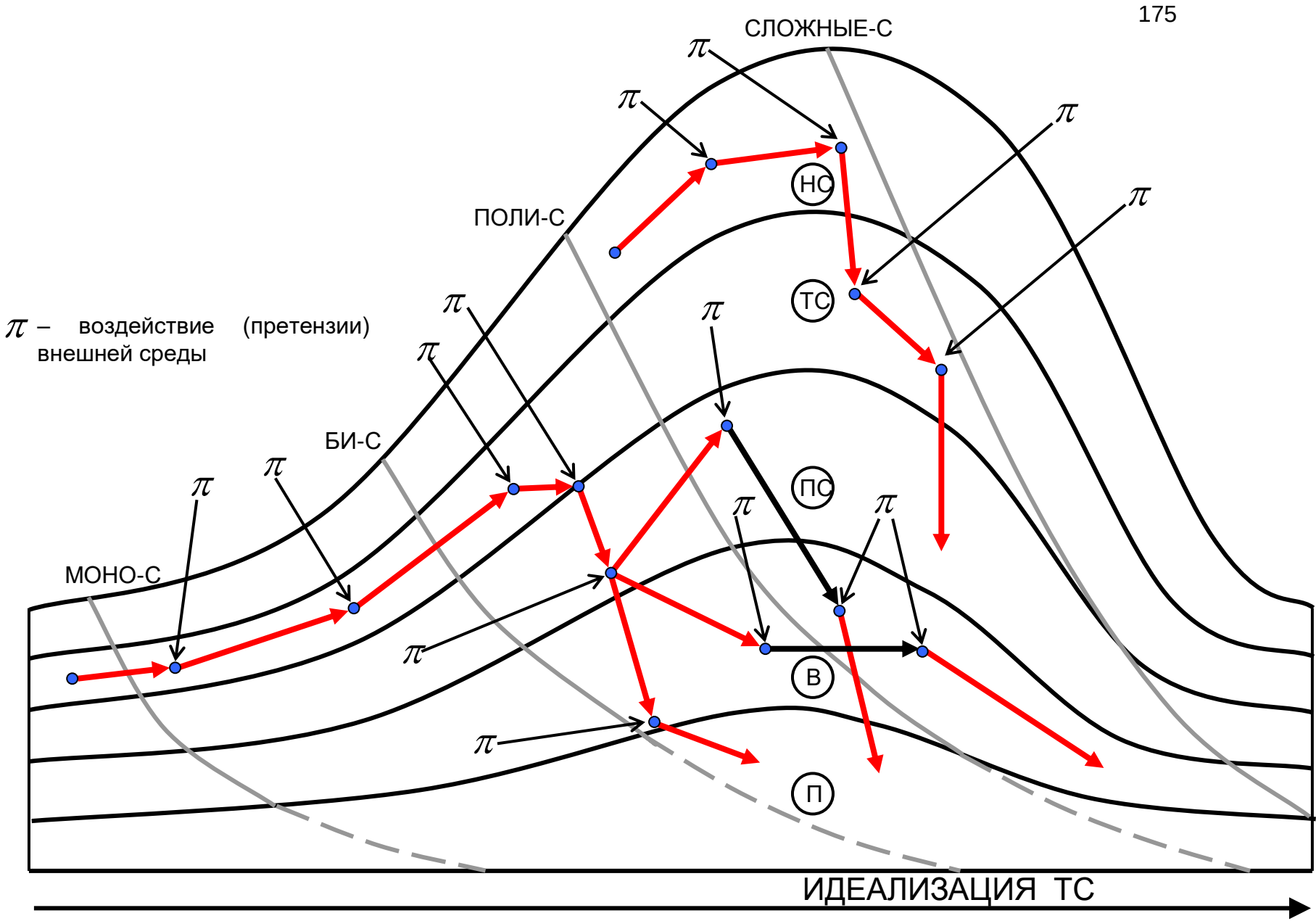


Рис.117. Диалектика динамизации: динамизация-антидинамизация ТС

способных "откликнуться" на них. Попытки совместить в одной системе возможность "отклика" на различные изменения претензий ОС приводит к значительному усложнению ТС. Рост потребностей общества, вызывающий увеличение количества подсистем ТС, разнообразие ТС, также усложняет их обслуживание, надсистему и т.д. Но основной закон развития ТС требует уменьшения сложности, совмещения выполняемых функций в одной ТС (идеализация ТС - система которой нет, но функции ее выполняются). С другой стороны, закон повышения степени соответствия организаций ТС и ОС требует адаптации ТС к ОС для повышения жизнеспособности ТС.

Возникающие при этом противоречия разрешаются следующими путями:

1. *Уходом от претензий ОС путем изменения ТС* таким образом, чтобы на измененную ТС эти претензии не действовали и отпала необходимость в согласовании организаций ТС и ОС. Обычно это достигается сменой уровня соответствия организаций ТС и ОС или объединением ТС с другой системой, при условии, что это нарушит соответствие организаций. Примерами этого является, в частности, гигантизм ТС (восьмиствольная винтовка и др.). Сюда же относится и путь изменения параметров ТС или диапазона ее действия.

Д-67. А.с. СССР 992 710 (БИ, 4-1983, с. 144). Способ подводного бетонирования, включающий подачу в воду бетонной смеси через трубу, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения качества бетонирования конструкций путем исключения расслаивания бетонной смеси при бетонировании, перед подачей бетонной смеси производят ее вспенивание посредством перемешивания с технической пеной.

Причина расслаивания бетона - действие гравитационного поля на композит, состоящий из составных частей с различным удельным весом. Предложенное решение позволяет перевести систему в такое состояние, в котором ослабевает разрушающее действие гравитационного поля. Систему на время изменили так, чтобы претензии ОС на нее не действовали.

2. Уходом в другую среду, где эти претензии отсутствуют или не оказывают разрушающего действия на ТС.

Например, ледокол по а.с. СССР 560 788 разделен на две части, которые находятся над и подо льдом, а через лед движутся только режущие пилоны. Система еще не динамизирована, но следующим шагом может быть введение подвижной связи между над- под-водной частью ледокола и пилонами, что позволит ему адаптироваться к различным условиям плавания.

Другой пример - переход от винтовой к реактивной авиации.

Здесь следует отметить, что смена среды ТС приводит и к смене формы или структуры ТС, адаптированных к новой среде. Например, самолет имеющий скорость в 20 раз превышающую звуковую и, поэтому летающий в самых верхних слоях атмосферы, должен иметь форму усеченного цилиндра.

Д-68. А.с. СССР 312 788 (БИ-26-1971). Аппарат на подводных крыльях, содержащий корпус и попарно расположенные по бортам крыльевые

комплексы, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью уменьшения сопротивления, одновременного получения подъемной и движущей силы и обеспечения стабилизации судна, каждый крыльевой комплекс выполнен в виде винта с несущими подводными крыльями-лопастями, диск вращения которого расположен наклонно к поверхности воды, шпангоута и имеет привод вращения.

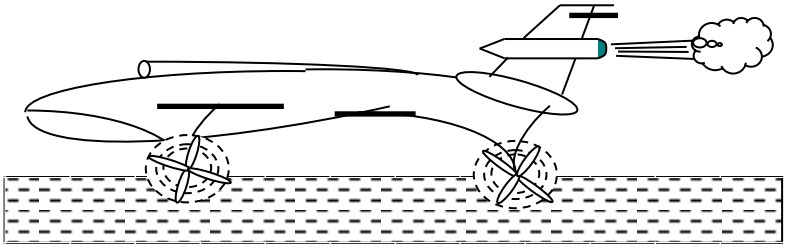


Рис. 118. Аппарат на подводных крыльях-лопастях

3. Изменением ТС или ОС путем изменения и приведения их организаций в соответствие между собой.

В первом случае ТС приспосабливается к ОС, во втором - ОС к ТС, причем в любой момент времени в соответствии с происходящими изменениями в одном из них.
См. раздел 4.2.3.

Д-69. А.с. СССР 812 281 (БИ, 10-1981). Устройство для реабилитации стопы при переломах, содержащее супинатор, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью возможности лечения всех переломов костей стопы и исключения осложнений, супинатор снабжен соединенным с ним с помощью шарниров основанием, а между ними установлены цилиндрические пружины.

Такая конструкция позволяет адаптировать стопу к движению.

Если нет необходимости менять ТС, то изменяют ее пограничный слой или пограничный слой ОС.

Д-70. А.с. СССР 931 198 (БИ, 20-1982). Устройство для тушения пожаров, содержащее закрепленные на металлическом каркасе покрывало из огнестойкой ткани, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения надежности работы и безопасности обслуживающего персонала, каркас состоит из гофрированных параллельных полос из материала, обладающего памятью формы.

С повышение степени динамизации ТС увеличивается и степень ее идеализации, причем в итоге идеализируется каждый ее элемент. Поэтому *высшая степень динамизации - когда динамизации нет, а ее функции в системе выполняются*. Это достигается тем, что идеализация вещества системы идет по пути адаптации к "ЭВИ" окружающей среды, используя их "даровую" энергию и вещество - для адаптации к ОС и на собственные нужды.

Итак, закон динамизации - одна из главных объективных закономерностей, проявляющаяся на определенном этапе развертывания системы в "волне

идеализации", при воздействии на них меняющихся внешних и внутренних факторов и неразрывно связанная с другими законами и тенденциями развития технических систем.

ВЫВОДЫ

1. Для ТС "Тепловая труба" характерны три периода развития в направлении увеличения ГПФ:
I - период синтеза ТС, включающий:
а) стадию поиска ИВ-1: вытеснение лишних свойств;
б) стадию образования пограничного слоя и внутренней среды для ИВ-1; вытеснение лишних веществ;
в) стадию включения буферных подсистем, выполняющих дополнительные полезные функции;
г) стадию появления ИВ-2 и поглощения им буферных подсистем;
д) образование моно-ТС;

II - период массового применения моно-ТС в различных НС, включающий:
а) прямое использование основных свойств моно-ТС без изменений;
б) использование вторичных свойств ТС;
в) использование "образа" ТС;
г) использование с внутренними изменениями в ТС (изменение геометрии, веществ, подсистем, исключение В и ПС);
д) введение промежуточных ПС;
е) совмещение с другими ТС на уровне В, ПС, ТС; причем ТТ, как вспомогательная система, поглощается основной ТС, выполняющей ГПП;

III - период развития подсистем моно-ТС, системы в целом и формирование новой моно-ТС, включающий:
а) выявление новых функций и обеспечение их дополнительными подсистемами;
б) появление новых ИВ и поглощение ими подсистем;
г) формирование новой моно-ТС.

2. Необходимым условием введения новых В и ПС в ТС является их высокая ВПФ-совместимость между собой и существующими элементами ТС; максимального значения этот фактор достигает у ИВ.

3. Принятое в современной ТРИЗ понятие об идеальности отражает лишь часть общего процесса идеализации ТС; необходимо дополнить его понятиями о периоде развертывания ТС (выявление новых функций и введение дополнительных ПС), периоде появления и развития ИВ и поглощении им В, ПС, ТС.

4. Одной из возможных моделей эволюции ТС может быть пространственно-временная модель бегущей волны идеализации распространяющейся по генеральной линии развития, которая, в свою очередь, является частью общей эволюции материи.

5. Внутренняя структура модели эволюции отражает процесс расширения жизненного пространства ТС с целью выявления новых дополнительных функций, процесс появления ИВ и процесс поглощения им систем, заканчивающийся образованием новой моно-ТС.

6. Предложенная модель показывает взаимосвязь всех законов развития ТС; стержнем системы законов является закон увеличения степени идеальности.

7. Выявлены механизмы и особенности динамизации ТС. Динамизация рассмотрена как один из механизмов идеализации технических систем, который имеет следующие особенности:

а) Динамизация сначала идет на макро- , а затем на микроуровне;

б) Динамизация проходит три этапа:

♦ *Пассивной адаптации ТС к ОС*: ТС принимает организацию ОС;

♦ *Активной адаптации ТС к ОС*: ТС по уровню организации соответствует организации ОС или превышает его;

♦ *Управляемая адаптации или динамизация*: ТС принимает уровень организации намного превышающий уровень организации ОС и управляет последней.

в) Решающую роль на этапе динамизации играет закон соответствия организаций ТС и ОС;

г) На каждом этапе динамизации адаптация имеет относительный, но направленный характер;

д) Оперативная зона динамизации определяется глубиной проникновения воздействий в ТС;

е) Динамизация осуществляется на любом этапе усложнения ТС в волне идеализации; механизмы во всех случаях одинаковы;

ж) Существуют два пути динамизации: динамизация ТС и динамизация ОС с пограничным слоем между ними. При этом противоречия, возникающие в оперативной зоне разрешаются динамизацией или антидинамизацией.

8. Дальнейшее уточнение предложенной модели позволит использовать ее для прогнозирования развития ТС и в качестве одного из инструментов ТРИЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.С.Альтшуллер. Творчество как точная наука. М., "Сов. радио", 1979 г.

2. Г.С.Альтшуллер, А.В.Селюцкий. Крылья для Икара. Петрозаводск, Изд-во "Карелия", 1980.

3. Г.В.Бородастов, Г.С.Альтшуллер. Теория и практика решения изобретательских задач. ЦНИИиТЭИАНиТ, М., 1980.

4. П.Д.Дан, Д.А.Рей. Тепловые трубы. Пер. с англ. Ю.А.Зейтарника, М., Энергия. 1979.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ТРТС - теория развития технических систем.
ТРИЗ - теория решения изобретательских задач.
ТТ - тепловая труба.
ГПП - главный производственный процесс.
ГПФ - главная полезная функция.
ПФ - полезная функция.
ТС - техническая (ие) система (мы).
ИТС - идеальная техническая система.
ПС - подсистема.
НС - надсистема.
В - вещество.
ИВ - идеальное вещество.
ВПФ-совместимость - вещественно-полевая и функциональная совместимость.
КПМ - капиллярно-пористый материал.
I - идеальность системы .
$Э_П$ - полезная энергия.
$В_П$ - полезное вещество.
$И_П$ - полезная информация.
$Э_В$ - вредная энергия.
$В_В$ - вредное вещество.
$И_В$ - вредная информация.
Пр - продукция.
ВС - внешняя среда.
ОС - окружающая среда (включающая ВС и техническую среду).
ГГЛ - главная генеральная линия.
π - претензия.
ПЖ - система из порошка и жидкости.
ГЖ - система из газа и жидкости.
ЭЖ - система из гибкого (эластичного) материала и жидкости.
ПГ - система из порошка и газа.
ЭП - система из гибкого (эластичного) материала и порошка.
ЭГ – система из гибкого (эластичного) материала и газа.
БИ - бюллетень изобретений и открытий.
ХиЖ. - журнал "Химия и жизнь".
ИР - журнал "Изобретатель и рационализатор".
НиЖ - журнал "Наука и жизнь".

ПОСЛЕСЛОВИЕ-2000

1. Цели публикации.

Редактирование текста и рисунков при преобразовании рукописи с "бумажного" носителя в электронный вид - это кропотливая работа, требующая особого внимания и тщательной вычитки. Это невольно заставило меня буквально по словам прочесть нашу работу, которую, признаюсь, не читал все эти 16 лет…

Прочтение вызвало двоякое чувство: глубина проработки обширного фактического материала и смелость мысли при выдвижении концепций и гипотез - это с одной стороны; торопливость изложения в некоторых местах и незаконченность высказываемых мыслей - с другой. Есть отдельные места (таковых, к счастью, немного), которые я с трудом могу объяснить сегодня. Многое обсуждалось "на ходу", в рукопись попали фрагменты некоторых из этих обсуждений, что-то осталось "за бортом", не дорабатывалось в последующие годы и потому забылось.

Эта работа была достаточно "широко известна в узких кругах" тризовцев 80-х годов. Для краткости ее называли просто - "ТТ-работа". Публикация ее на сайте преследует двойную цель:
а) ее необходимо рассматривать как предшествующую по отношению к некоторым последующим работам по ЗРТС, например, книги "Система законов развития техники", и, поэтому, она представляет, так сказать, исторический интерес (Как быстро летит время - недавние 80-е годы уже история…);
б) она не потеряла актуальности и сейчас - это хороший пример исследования по теории развития технических систем; возможно, пример окажется, наконец-то, заразительным.

2. Модель эволюции техники и циклы развития общества.

Главное, ради чего была написана эта работа, - модель эволюции техники - сохранилась, "живет и работает" в преподавании ТРИЗ-ТРТС, в практике изобретательства. Нашей группой в 1983-1989 г.г. напрямую использовались отдельные механизмы этой модели для синтеза и развития принципиально новой технической системы - **подземохода** (два сотрудника защитили кандидатские диссертации в ИГД СО АН СССР, получено около 50 авторских свидетельств).

Были ли обсуждения "ТТ-работы" за эти годы? Ни одного обсуждения. Изредка кто-то высказывал некоторые элементы критики. Они столь редки, что запомнились. Например, высказывалось сомнение в корректности формул, описывающих идеализацию ТС. Я ничуть не настаиваю на приведенных в работе математических выражениях. Этими формулами отражается (выражается) логический смысл процессов идеализации. Этот смысл - самое главное. Математическое выражение (форма) не играет особой роли. Есть ли у кого-либо предложения по более адекватному символьному отражению смысла? Буду рад рассмотреть.

Все что известно в математике - это уже само по себе старое знание. Математический аппарат всегда создавался для выражения (формализации) уже добытого знания. Распространено мнение, что в математике наработано

огромное число "пустых моделей", которые можно наполнить реальным смыслом - если найти подходящую модель. Но это неосуществимо: мы, разработчики концепций, не знаем эти области новых математик, а творцы "пустых моделей", не знают, не ищут и не хотят понимать новые разделы реального знания о мире.

Ведь что такое ТРИЗ-ТРТС? Есть некоторое поле несистематизированных знаний о процессах технического изобретательства, точнее база данных (The database). Это "невспаханное" поле с ямами и сорняками надо было расчертить на квадраты, обработать, засеять и научиться выращивать урожай. Мы иногда говорим: "Надо набросить на поле данных координатную сетку - матрицу рассуждений, установить оси координат". Это сразу создает направленность мышления ("вектор рассуждений") в этой области. Выработанные таким образом цепочки рассуждений, найденные аксиомы, созданные правила, открытые законы и создают, в конечном счете, СИСТЕМУ ЗНАНИЙ. Однажды мы обсуждали с Г.С.Альшуллером - как выбирать модели ("координатные сетки") для новых ("невспаханных") областей знаний? Да, хорошо бы иметь сразу точную модель для структуризации данных в базу знаний, но это, скорее всего, невозможно. Парадоксально, но мы пришли к убеждению, что важен сам факт применения модели рассуждений, а не ее вид. Самый лучший тезис для начала освоения нового знания может быть, например, такой: "стол имеет четыре ножки" - это постулат. Это великолепное, абсолютно точное выражение. Пойдем дальше… А дальше - сам материал (данные) будут корректировать ваши рассуждения. Но самая жесткая коррекция начнется, когда вы сделаете первый алгоритм для изобретателя и попробуете его "на подопытных". Все, что наработано в ТРИЗ-ТРТС проверялось десятилетиями. И это так же не абсолютное знание. Нужны дальнейшие разработки и исследования.

Итак, самый важный итог "ТТ-работы" - нам удалось "набросить координатную сетку" на очень туманную область человеческой деятельности.

Для чего человеку нужно алгоритмизировать какую-либо область деятельности человека? Только с одной целью - чтобы освободиться от этой работы, передать выполнение этой функции автомату. В средние века был написан труд в 400 страниц о способах сложения-вычитания-умножения-деления чисел. Его изучали в университетах. Это было истинное творчество - умение оперировать цифрами. Были выдающиеся специалисты. Что произошло дальше? Придумали простые алгоритмы, затем и вовсе передали функцию калькуляторам…

Еще одно замечание касалось формы кривых идеализации ("волна идеализации"), приведенных в книге "Система законов развития техники" (Петрозаводск: Карелия, 1991, с. 138-141) - правомерно ли рисовать "нормальные" кривые, когда ни одна ТС не развивается таким "гладким" образом?

Есть теория, а есть практика. В теории все гладко, плавно, без резких переходов (н о р м а л ь н о - с точки зрения нашей концепции, гипотезы, теории)). На практике (в жизни) все в разброс, большие отклонения и исключения из правил. В теории мы описываем формулами синусоидальные колебания (правильные, нормальные), а в реальном мире нигде их не встречаем (мы можем их искусственно генерировать, но в природе их нет).

Процессы же развития техникки намного более запутаннее, чем взаимодействие электрического и магнитного полей, здесь большую роль играет случайность, субъективные особенности изобретателей, социальные заказы и ожидания. Все это оказывает на процесс сильное влияние, искажает "нормальный" процесс. Как определить общий (нормальный) вид процесса, как "вынырнуть" из течения процесса, подняться над ним, обозреть его прошлое-настоящее-будущее и на основе этого сформулировать концепцию? Догадка, логика, выдвижение гипотез - вот обычный ход научной мысли. Так и здесь - предложена гипотеза об обобщенном виде процесса развития техники, о его направленности и смысле. Пока она не противоречит известным фактам, объясняет не только ход развития техники в человеческом обществе, но и место ТРИЗ в этом процессе. Возможно из гипотезы вырастет теория (чего я хочу), возможно - нет, могут появиться новые факты, гипотезы и концепции. Надо думать над этим дальше...

Тема волнообразного развития, циклизма - это специальная большая тема, не для этого послесловия. Хотя какое-то краткое примечание можно дать.

Когда мы писали эту работу, мы ничего не знали о таких направлениях в философии, как: "Русский космизм" и выросшее из него - "Русский циклизм". Все это было в те годы в полном загоне… При написании книги "Система законов…" я случайно наткнулся на цитату из Циолковского, поразился совпадению с моим ощущением и с радостью вставил ее в книгу. И только за последующие 10 лет появилось большое число публикаций по этим направлениям в философии.

Кратко и весьма приблизительно можно дать такую справку об истории развития этих философских направлений:

♦ жил в 19 в. такой русский философ Н.Ф.Федоров (библиотекарь в Румянцевской библиотеке), итог жизни - два тома "Философии общего дела";

♦ в библиотеку ходил Циолковский, познакомились, Федоров стал учителем Циолковского, Циолковский развил некоторые идеи Федорова;

♦ в Калугу, в школу, где учительствовал Циолковский, перевели из другого города мальчика А.Л.Чижевского - его потрясли идеи и личность Циолковского...

♦ А затем, уже в 20 веке, были продолжателями: А.А.Богданов, Н.Д.Кондратьев, В.И.Вернадский, Питирим Сорокин (США) и т.д. Идеи, сформулированные тогда (20-е годы) были осознаны и признаны мировой наукой только в 70-е годы.

♦ Первая книга западного ученого в развитие этих идей - Герхард Менш "Технологический пат: инновации преодолевают депрессию" (1975).

Сейчас - лавинообразное увеличение публикаций: о мировых циклах (природных, экологических, демографических, технологических, социально-политических, духовно-идеологических и исторических), и на их основе - о тенденциях развития цивилизации, о прогнозировании, о сценариях будущего…

Приведу лишь одну цитату из книги А.Л.Чижевского "Земное эхо солнечных бурь", М.: Мысль, 1976, с. 33-34. (Рукопись написана несколько десятилетий до того).

" Жизнь… в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное. Она создана воздействием творческой динамики космоса на инертный материал Земли. Она живет динамикой этих сил, и каждое биение исторического пульса согласно с биением

космического сердца - этой грандиозной совокупности туманностей, звезд, Солнца и планет. За огромный промежуток времени воздействия космических сил на Землю утвердились определенные циклы явлений, правильно и периодически повторяющиеся как в пространстве, так и во времени. Начиная с круговорота атмосферы, углекислоты, океанов, суточной, годовой и многолетней периодичности в физико-химической жизни Земли и кончая сопутствующими этим процессам изменениями в органическом мире, мы всюду находим циклические процессы, являющиеся результатом воздействия космических сил… В этом бесконечном числе разной величины подъемов и падений сказывается биение общемирового пульса, великая динамика природы, различные части которой созвучно резонируют одна с другой."

Все это действует на людей, на общество, т.е. на "индивидуально-общественное сознание", а значит на процессы развития техники.

3. Почему и как была написана эта работа?

Много воды утекло, много людей ушло, много событий случилось и не случилось. Распалась наша исследовательская мини-группа (я + Кондраков И.М.). Не случилась, например, ожидаемая нами после широкой рассылки "ТТ-работы", волна работ в развитие теории (в русле тех же или других идей, гипотез и концепций). Причин здесь несколько - объективных и субъективных. Слабы были силы исследователей общественно-научного (абсолютно не поддерживаемого государством) движения ТРИЗ-ТРТС, так и не сформировалась школа исследователей. "ТТ-работа" послужила одной из причин резкого изменения планов работ и взглядов Г.С. Альтшуллера на "железную ТРИЗ". С 1984 года все работы по развитию традиционной ("железной") ТРИЗ-ТРТС Г.С. Альтшуллером были прекращены, произошла переориентация наиболее активной части участников ТРИЗ-движения на, так называемую, ТРТЛ (теорию развития творческой личности).

Почему и как была написана эта работа? Лучше всего привести здесь маленькую главку из моих кратких воспоминаний, опубликованных в юбилейном номере "Журнала ТРИЗ", 1996, № 2 (№12), с.18-25.

”Теплотрубная работа” - сенсация 1984 года.
(Новосибирск-84 - переломный момент в развитии ТРИЗ)

Идея Г.С. была грандиозной: надо ворваться в официальную науку с открытым забралом, показать наши достижения в одном из научных центров страны - новосибирском Академгородке (июль 1984). Важным следствием этого акта должен был стать сборник работ по ТРИЗ (как итог всесоюзной научной конференции).
Столь серьезная цель требовала серьезного к себе отношения и напряженной работы: выбор темы докладов, подготовка выступлений и печатных тезисов. Поэтому работа началась задолго до конференции. Еще в сентябре 1983 мы с Г.С. начали обсуждать тему моего доклада - как развитие моей небольшой работы по “эволюции вещества” (написанной для какого-то уфимского сборника по просьбе Штейнберга В.Э.). Из письма Г.С. (16.09.83): “Где-то летом 82-го года я просил Петрова разработать модель идеального вещества. Петров эту тему не потянул, бросил. Вина моя: здесь надо знать физику и химию. Так что теперь тема за Вами.” Его предложение: эволюция простого природного вещества в идеальное техническое на примере развития концепции “идеального кирпича” (эта тема громко прозвучала в выступлении Г.С. в Петрозаводске-85, затем в книге “Найти идею” - поэтому на ней не останавливаюсь).
Однако, как и прежде (тем более потом), предложения Г.С. “ложились” в меня только при совпадении с моими представлениями. Трактовка темы показалась несколько надуманной, но сама тема - очень важной. И “я пошел другим путем” - появилась

идея этажной (а затем - волновой) схемы эволюции вещества, ее разработкой я был занят осень-зиму 1983\84 (хотя тезисы докладов пришлось отправить очень сырыми 7.11.83). Здесь были две главные мысли: 1) ТС прекращает свое развитие не только при переходе в надсистему, но и при поглощении ее функций веществом; 2) у каждой ТС существует главная генеральная линия развития (по линии увеличения ГПФ).

Г.С. отдал эту работу на отзыв Фею с собственной установкой на ответ (как мне показалось), и это стало определенной поворотной точкой в моем осознании наших отношений (степени ведомости в паре "ученик-учитель"). Из моего письма к Г.С. (20.11.83): "Получил письмо Фея, хотел ему ответить, да раздумал. Мне показалось, что он просто выполнял Вашу установку и у него это не очень получилось. Например, невнятно выражена основная мысль: нужна ли разработка понятия об идеальном веществе?; сначала он советует не заниматься этой проблемой, а в конце - советует сделать пособие по идеальному веществу... Есть и другие неясности: 1) С одной стороны он пишет, что нужно дальнейшее развитие ТРИЗ, переход к технодинамике, ревизия основных понятий ТРИЗ и ее фундамента - ЗРТС, с другой - что все давно известно и написано в Ваших книгах...; 2) Далее он пишет, что структуры и функции подсистем полностью определяются надсистемой, поэтому нет смысла рассматривать подсистемы (в т.ч. вещества), а в конце письма пишет, что было бы здорово детализировать конкретные механизмы перехода с уровня на уровень в общей схеме развития ТС... И т.д. Все письмо аморфное, без четкой позиции. Может быть он и хотел сказать что-то важное, но я, к сожалению, не понял."

Интересен ответ Г.С. от 29.11.83: " Мнение Фея - личное мнение Фея. Я даже не видел его письма Вам. Фей и Верткин - совсем молодые ребята. У них мышление сильно привязано к сиюминутному фактору. Допустим, сегодня Верткин увлекается радугой (дарвинизмом, шарикоподшипниками - все равно); он приходит и говорит: "Г.С., все, что мы делали последние два года - ерунда; надо все заново проанализировать в связи с радугой (дарвинизмом, шарикоподшипниками и т.д.)". Раньше я пытался доказывать - так, мол, нельзя. Теперь поумнел: говорю "Давай"... и Верткин выпускает пар по поводу радуги. Иногда оказываются полезные "осадки". Ведь такой метод мышления чем-то близок методу фокальных объектов. Постепенно из моно-подхода выработается поли-подход. Сегодня Фей (да и Верткин) любят системы. Им везде мерещится умаление системного подхода. Видимо, этим и вызвано письмо Фея. Прочтите, учтите - и делайте свое дело. Дельные замечания (если они дельные) всплывают иногда через год или два."

Скажу честно: так они и не всплыли...

И в конце письма: "По какому-нибудь поводу я потом сниму стружку с Фея за рекомендацию работать в рамках ранее вышедших книг, Напирать на "радугу" или "технодинамику" - можно. Напирать на недопустимость выхода за пределы понятий старых книг - нельзя."

Это был блестящий ответ, но он ни на что уже не мог повлиять: выбор собственной позиции уже произошел..

Идея развертывания ТС путем "обрастания" подсистемами с требуемыми функциями (эти подсистемы - "черновики" будущих идеальных веществ) и свертывания ТС в идеальную систему показалась мне плодотворной и я продолжал интенсивно ее разрабатывать. Подключился Кондраков И.М. - он трансформировал свои разработки по динамизации ТС таким образом, что динамизация стала этапом в идеализации вещества (переходе функций на микроуровень). Мы поняли, что "плодотворная дебютная идея" может перерасти в серьезную разработку по ТРТС. Нужно было полномасштабное (в стиле современной науки - как я это понимал) исследование. Я выбрал главный объект, давно интересовавшую меня ТС, - тепловую трубу.

Уже в октябре 83-го (ну и темпы были тогда!) на наших представлениях об идеальности мы сделали очень сильное изобретение (моя идея + оформление Кондракова как патентоведа + совместная детальная доработка) - этим я решал свою проблему "изобретать или не обязательно?", а Кондраков остро нуждался в

диссертационной теме. Из письма к Г.С. (14.12.83): "На детальную разработку и оформление мы убили 1,5 месяца. Но заявка того стоила. Решена старая тризовская задача. По нашим "скромным" оценкам это 4-й уровень - открывается новая область..." Название устройству я дал не менее "скромное": СКАЛЬТ (Саламатов-Кондраков-АЛЬТшуллер).

Г.С. делает очередной сильный ход: присылает схему "моно-би-поли-систем". Из моего письма от 19.01.84: "Идея о переходе моно-ТС - би-ТС - поли-ТС - моно-ТС на новом качественном уровне - интересная черта увеличения идеальности. Три года назад Вы присылали мне задачу о таком переходе (одна лодка, две лодки - это катамаран, новое качество...). Главная ли это линия идеализации - надо подумать. Та же винтовка: один ствол, два ствола (были, кстати, 4- и 6-ствольные, но это уже тупик), качественный скачок - когда появился многозарядный карабин. Другое дело, когда соединяются разнокалиберные стволы (два разных свойства), дальше должно бы быть: один ствол для разных калибров, тот же нитинол или еще что-то, но этого нет. Соединение двух стволов - это соединение на макро-уровне, соединение двух систем на микро-уровне дает намного более сильные качества (никель+титан) - или это из-за множественности соединяемых систем?, ведь соединив две молекулы этих веществ мы не получим эффекта памяти формы..."

В апреле поехали в Новосибирск в командировку (устраивать Кондракова в аспирантуру) и там в гостинице крепко проработали тему по идеализации систем на примере развития тепловой трубы.

Плакаты (а их было 28) чертили (рисовали) в мае-июне, причем в разных городах (я в Красноярске, Кондраков в Мин. Водах) - здесь важно было не отойти от единой идеологии, и только последние - уже на семинаре в Новосибирске.

Конференция в Академгородке - со 2.07.84, а на 2 недели перед этим - семинар по ТРИЗ в Новосибирске (выпускники школы ТРИЗ и преподаватели).

Приехали на семинар и... встретили довольно прохладное отношение Г.С., главные герои были его тогдашние "фавориты" - кишиневцы-бакинцы. Хотя до этого, в письме от 5.06.84 он писал так: "Ну, я вижу - у Вас есть интересный материал. Во взерошенном состоянии. Это отлично! В Новосибирске посмотрим, что есть у "нас", что есть у "вас", состыкуем. И на конференции выступим синхронно." Однако, в гостинице, по нашему приезду, он ничего смотреть не пожелал (и этим он подготовил себе впоследствие сильную встряску); он лишь снисходительно сказал Фею: "Сходи, посмотри, минут пять хватит - ведь за двадцать минут можно открытие Менделеева рассказать...". Мы удивленно пожали плечами, за 5 минут показали Фею, вывод которого был такой: "Тут что-то есть!" Снобизм Г.С. был потрясающим - тем больнее была последующая "состыковка"...

И вот наше "тренировочное" (перед конференцией) выступление в последний день семинара. Описывать коротко - портить рассказ (столько там было нюансов, неожиданных реакций), но что поделаешь... Г.С. дал нам те же "менде-леевские" 20 мин. перед самым закрытием семинара. Как только мы быстро развесили плакаты и начали доклад лицо Г.С. и его поведение резко изменилось - беспокойство, спешные шаги вдоль-поперек, напряженное лицо... Мы успели рассказать только половину плакатов и услышали резкие слова Г.С. о том, что "Все - конец! Конец семинара". И тут же последовала возмущенная реакция зала: "Дайте закончить! Мы хотим слушать". Мы уложились в 40 минут, бурные аплодисменты, лихорадочное фотографирование Злотиным плакатов...

Тут же Литвин С.С. выдал идею названия модели: "бегущая волна идеализации".

Выступление через день на конференции прошло нормально.

И уже в письме от 8.07.84 Г.С написал: "Я очень благодарен Вам за огромную работу по подготовке к конференции: стенды и плакаты великолепны. А выступление было отличным. Ваше выступление было самым впечатляющим, оно теперь идет эталоном." И через месяц: "Работу по тепло-трубам, безусловно, можно развивать. Но очень хотелось бы иметь к Днепропетровску печатный материал с рисунками (Герасимов некоторые из них перенесет на доску). В титульном листе смущают две вещи. Для руководителя я в этой работе сделал мало. И второе: общественная лаборатория. Будут вопросы: при ком? Но, с другой стороны, пора отделять

кондиционные работы от случайных. Поэтому - да будет так, как Вы изобразили!”

4. О дополнительных материалах.

Мне показалось необходимым включить в "ТТ-работу", публикуемую на сайте, еще несколько материалов последующих лет. Это отрывки из докладов, тезисы, фрагменты работ. Цель включения проста: это может оказаться для читателя полезным, что-то прояснит в его восприятии довольно сложного материала. Эти материалы появились п о с л е "ТТ-работы", а значит что-то уже "отстоялось" в головах авторов, и это помогло более четко сформулировать некоторые положения.

Перечень материалов:

Приложение 1.
Саламатов Ю.П. "Эволюция вепольных систем (на примере развития тепловой трубы)". 13.07.1984 г.
Приложение 2
Саламатов Ю.П. Из доклада на конференции "Петрозаводск-85".
Приложение 3
Саламатов Ю.П., Кондраков И.М. "Функциональный анализ процессов синтеза и развития технических систем" (Всесоюзный научно-технический симпозиум "ФСА в повышении эффективности производства", г. Рига, 12-14 сентября 1985).
Приложение 4
Саламатов Ю.П. "Методика проведения исследований по ТРТС (на примере измерительных систем)". Минск, симпозиум ИМ, 1991 г.
Приложение 5
Саламатов Ю.П. "Примерный план исследовательской работы по ТРТС (для Д.Кучерявого)". 24.04.1991, Минск.

5. Несколько слов о методике проведения исследований в ТРТС.

Г.С.Альтшуллер писал в статье "Как вести исследования по ТРИЗ" (19.03.79):
"Возникает вопрос: как добывать эти новые знания о законах?
Есть два наиболее эффективных способа. Первый заключается в поиске и изучении "сбоев" при решении изобретательских задач по АРИЗ. "Сбои" бывают разные: иногда виноват слушатель (нарушил четко сформулированное правило), иногда - преподаватель (что-то не разъяснил или плохо разъяснил), а иногда - АРИЗ. Именно эти "сбои" (по вине АРИЗ) и дают возможность приступить к исследованиям. Каждый такой "сбой" вызван тем, что мы не знаем (и потому не включаем в АРИЗ) нечто существенное из жизни ТС. Собрав материал по "сбою", можно выявить это "нечто".
Второй способ: выдвигается некоторое общее положение, относящееся к ТС, накапливается материал, рассматриваются следствия, ищутся возможности "вписать" новое знание в АРИЗ."

В ТРТС требуется другая методика поиска (выявления, определения) закономерностей.

Наше понимание методики близко к традиционному:
- Для анализа нужна представительность массива информации.
- Основной источник сбора информации - патентные фонды (все законы ТРТС

лежат на полках патентной библиотеки!).

♦ Связка "сбор информации – выработка гипотезы" - это диалектический процесс, в котором на первое место выдвигается то одно, то другое; без предварительной гипотезы трудно собирать информацию, но и превращать ее в фетиш - также нельзя.

♦ Как относиться к другим наукам? Надо брать из них главное – методологию исследований и приемы выработки гипотез.

♦ Читать ли философскую литературу? Да, обязательно! Но не слишком увлекаясь. Ничего более конструктивного, чем диалектический метод, в философии за последние 2300 лет пока так и не появилось.

Подробнее см. Приложение 4.

6. ТРИЗ выросла из марксизма…

В какой-то мере - да (а еще из работ П.К.Энгельмейера, Лапшина И.И., системного анализа…). Действительно, идея развития техники через возникновение и разрешение противоречий высказана впервые К.Марксом, затем более подробно развита Ф.Энгельсом (замечательная работа по истории винтовки). Но через марксизм мы получили также и ценнейший инструмент - диалектический метод. Так и хочется сказать исследователям в ТРТС: "Изучайте диалектику – вы должны быть доками в диалектике!" Марксизм - это этап в поступательном развитии мировой науки. Поэтому из чисто научного интереса приведем несколько цитат из: *К.Маркс, "Капитал", т.1, гл.13. Машины и крупная промышленность. Раздел 1. Развитие машин*.

Вначале его интересует момент возникновения технических систем:
"…прежде всего необходимо исследовать, каким образом средство труда из орудия превращается в машину, или чем отличается машина от ремесленного инструмента."
И он тщательно исследует этот вопрос, споря с другими исследователями.

Далее: *"Всякое развитое машинное устройство состоит из трех существенно различных частей: машины-двигателя, передаточного механизма, наконец, машины-орудия, или рабочей машины."*
В ТРИЗ мы говорим: техническая система состоит из двигателя, трансмиссии, рабочего органа и органа управления. Маркс не увидел органа управления потому, что это, в то время, всегда был человек, он всегда подразумевался около машины.

"Обе эти части механизма существуют только затем, чтобы сообщить движение машине-орудию, благодаря чему она захватывает предмет труда и целесообразно изменяет его".
Т.е. главная часть ТС - рабочий орган, который обрабатывает изделие. Именно он и развивается быстрее всего, остальные части "подтягиваются" к его уровню развития.
"Как раз рабочая часть ремесленного инструмента прежде всего и захватывается промышленной революцией, оставляющей за человеком на первое время, наряду с новым трудом по наблюдению за машиной и по исправлению своими руками ее ошибок, также и чисто механическую роль двигательной силы."

Маркс подметил также два простых направления развития машин:
"Увеличение размеров рабочей машины и количества ее одновременно действующих орудий требует более крупного двигательного механизма…"

Первое упоминание о противоречиях в развитии техники:
"Уже в XVII веке была сделана попытка приводить в движение два бегуна и два постава посредством одного водяного колеса. Но увеличение размеров передаточного механизма вступило в конфликт с недостаточной силой воды, и это было одним из тех обстоятельств, которые побудили к более точному исследованию законов трения."
И говорит о способе разрешения этого конфликта:
"Только с изобретением второй машины Уатта, так называемой паровой машины двойного действия, был найден первичный двигатель…"

Он проводит анализ различий *"…между двоякого рода вещами: кооперацией многих однородных машин и системой машин."*

Далее Маркс говорит о технических противоречиях в процессе развития техники более определенно:
"Но на известной ступени развития крупная промышленность приходит и в техническое противоречие со своим ремесленным и мануфактурным базисом. Увеличение размеров машин-двигателей, передаточного механизма и рабочих машин, увеличение сложности и многобразия,… развитие автоматической системы и все более неизбежное применение материалов, труднее поддающихся обработке, например, железа вместо дерева, - вот те естественно выросшие задачи, разрешение которых повсюду наталкивалось на рамки…"

А вот об объективном и закономерном характере развития техники:
"Так, например, машинное прядение выдвинуло необходимость машинного ткачества, а оба вместе сделали необходимой механо-химическую революцию в белильном, ситцепечатном и красильном производствах."

Итак, объективность, взаимозависимость и последовательность процессов развития техники. Это и есть критерий оценки не-ТРИЗовских публикаций. Вы признаете, что ТС развиваются по объективным законам? Ах нет, вы считаете, что главная причина развития находится в голове изобретателя?! Оставайтесь заблудшими…

Законы, найденные в ТРИЗ, сформулированные в последней четверти 20 века, конечно же, не полны. Но это - законы. Наше понятие закона почти не отличается от общепринятого: **закон – это повторяющаяся, устойчивая, существенная связь явлений в развитии систем**. Именно таковы законы в ТРИЗ. Это не физические законы, которые невозможно нарушить. Законы техники переплетаются с социологией и психологией – человек вносит элемент субъективного. Поэтому они не всегда выполняются. Зато их объективность намного выше социальных законов, т.к. на произвол и волю человека накладываются (через технику!) жесткие физические законы.

Саламатов Ю.П., ноябрь, 2000 г.

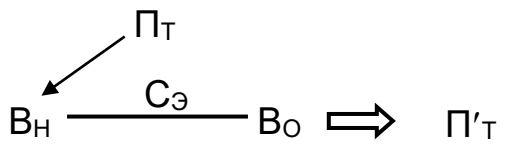
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

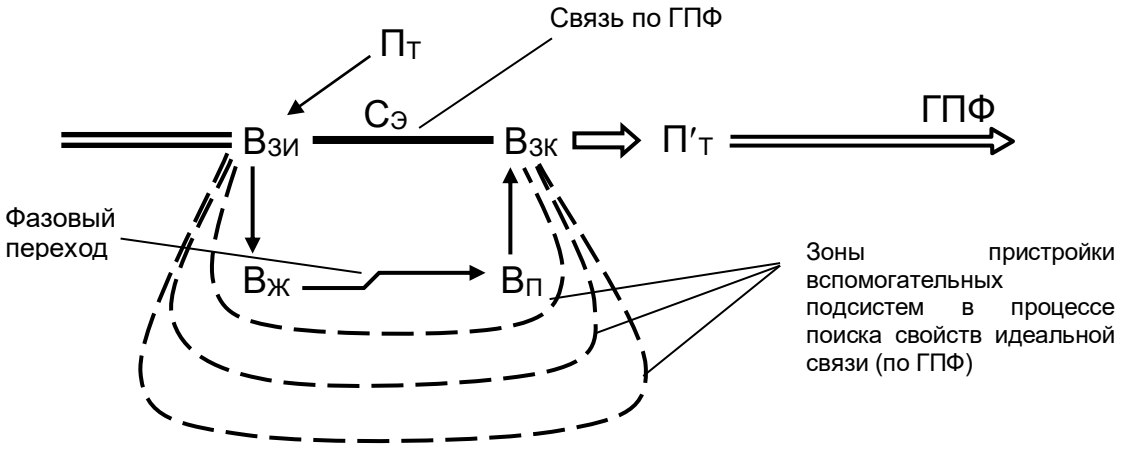
Саламатов Ю.П.

Эволюция вепольных систем
(на примере развития тепловой трубы)
(13.07.1984 г.)

Потребность в передаче тепла на расстояние выявило у первоначально применяемых средств ГПФ - передача тепла от одной точки к другой. В качестве связующего элемента использовался вначале обычный металлический стержень, один конец которого служил зоной нагрева ($В_Н$), а другой - зоной охлаждения ($В_О$), отдающей нагреваемому телу часть тепла ($П'_Т$).



Разница между $П_Т$ и $П'_Т$ терялась, в основном, в связующем элементе $С_Э$. Поэтому все развитие ТТ было направлено на совершенствование, идеализацию $С_Э$, т.к. в нем были сконцентрированы все претензии внешней среды.



$В_{ЗИ}$ - зона испарения; $В_{ЗК}$ - зона конденсации; $В_Ж$ - жидкость; $В_П$ - пар.

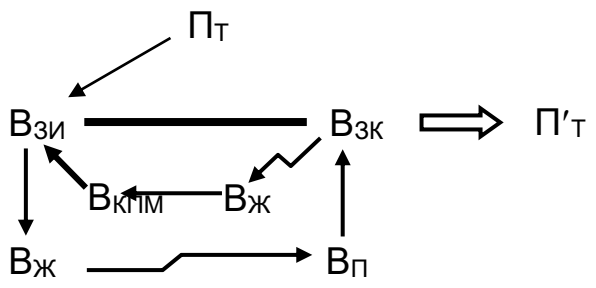
Развитие связи $С_Э$ проходит несколько этапов:

1. Вначале $С_Э$ конструктивная (вещественная) связь, составленная из случайнонайденного вещества, удовлетворяющего требованиям $ГПФ_1$.
2. Для повышения $ГПФ_1$ начинается поиск идеального вещества $ИВ^1$ путем развития $В_Н$ и $В_О$ в веполи (в подсистемы). Свойства пристроенных веполей (подсистем) и определяют свойства $ИВ^1$.
3. После определения требуемых свойств $ИВ^1$ (идеальной связи) начинается поглощение подсистем ТТ идеальным веществом, свойства которого лежат

на ГПФ системы.

4. На последнем этапе развития $С_Э$ идеальнаявещественная связь заменяется полевой, зона $В_{ЗИ}$ поглощается системой порождающей $П_Т$, зона $В_{ЗК}$ - обрабатываемым изделием (системой поглощающей $П_Т$). Техническая система ТТ поглощается надсистемой.

<u>ТТ Гоглера</u>



Приложение 2

Саламатов Ю.П.

Из доклада на конференции "Петрозаводск-85"

Сущность модели развития ТС

1) Процесс синтеза и развития ТС представляет собой волнообразный процесс перехода от одной моно-ТС к другой (моно′-ТС), затем - к моно′′-ТС и т.д.
2) Движущая сила развития, т.е. ТП (технические противоречия), возникают при взаимодействии трех факторов: потребность - увеличение ГПФ - претензия внешней среды (ВС).
3) Сущность процесса развертывания ТС состоит в поиске новых полезно-функциональных подсистем (ПФ-ПС).
4) Сущность процесса свертывания ТС состоит в поглощении найденных ПФ-ПС веществом за счет совмещения свойств, функций, веществ, подсистем.

Что мы делали после Новосибирска.

1) Разослали 20 экземпляров "ТТ-работы". Подождали реакцию тризовцев. Реакция оказалась нулевая. Раз нет критики - нужна самопроверка предложенной модели. Проверка - практикой! Мы синтезировали новую ТС в машиностроении (подземоход) - 20 изобретений, прогноз - до 200 для перекрытия всей области.
2) Проверка путем исследования других ТС: винтовка-пуля, ветроэлектростанция-электреты, радиоэлектроника и др. Главное требование к разработчикам - быть независимыми, не повторять модель, найти что-то новое. Но, то ли гипноз модели, то ли гипноз нас как руководителей - ищут и находят подтверждение модели "ТТ-работы". Допускаем и вторую возможность - модель отражает объективную реальность технического прогресса.
4) Главная цель - АРТС (алгоритм развития ТС). Пока нашли только несколько отдельных шагов. Один из них - ***оператор идеализации*** - успешно используем в изобретательстве.
5) Наше требование "не повторять модель эволюции ТС" ставило исследователей в тупик: "А как вести исследования в ТРТС? Ведь нет других руководств или образцов…."
6) Пример разработки - работа Афанасьева В.Е. Я виноват, предложил ему эту антигуманную ТС - винтовку, у которой не ГПФ, а ГВФ (главная вредная функция)…
Что сделал Афанасьев? Он поступил весьма скромно: взял работу Ф.Энгельса и углубил ее, расширил, уточнил. Более подробно выявил противоречия, добавил много новых карточек, исследование доведено до наших дней. Выявлено два основных ТП (у Энгельса - одно) в развитии винтовки на первых этапах:

♦ ствол должен быть коротким - удобно заряжать пулю и ВВ, ствол должен быть длинным - чтобы придать пуле пологую траекторию, большую скорость и создать хорошие штыковые свойства;

♦ пуля должна как можно легче входить в канал ствола, т.е. быть меньше диаметра канала, пуля должна быть больше диаметра канала для взаимодействия с нарезкой.

Далее идет изложение работы (см. фонд ЧОУНБ).

Выводы.
1) Процесс развития винтовки совпал с моделью из "ТТ-работы".
2) Сформулирован оператор идеализации.
3) Формирование ИВ[1] надо начинать с рабочего органа и "вгонять" в него (в ИВ) ближайшие подсистемы.

Приложение 3

Саламатов Ю.П., Кондраков И.М.

Функциональный анализ процессов синтеза и развития технических систем

(Всесоюзный научно-технический симпозиум "ФСА в повышении эффективности производства", г. Рига, 12-14 сентября 1985, ВС НТО, ГКНТ, Минвуз СССР. Тезисы докладов: М.: 1985, 286 с., 500 экз., с.134-138)

Одной из целей применения ФСА в исследованиях и разработках является выявление закономерностей развития функциональной структуры технической системы (ТС) при постоянном увеличении ее главной полезной функции (ГПФ). При этом ГПФ рассмтривается как обобщенная характеристика комплекса производительных функций ТС [1]. Исключая лишние затраты (функции) в существующей ТС не учитывают ее функциональной структуры в будущем. Прогнозирование таких изменений должно основываться на закономерностях развития технических систем.

Цель настоящих исследований - разработка прогностического аппарата развития ТС, основанного на предложенной пространственно-временной модели эволюции ТС (модель "бегущей волны идеализации"). Модель эволюции получена в результате анализа массива научно-технической информации и патентного фонда по нескольким независимо развивающимся ТС: тепловой трубы, ветроэлектростанции, электрода-инструмента и др.

Системно-диалектический подход к особенностям и механизму развития исследуемых ТС позволил получить целостную картину эволюции ТС (рис. 1-4). Анализ основывался на концепции иерархического многоуровневого строения техники (рис. 2) и принципах развития ТС в направлении увеличения ГПФ [2].

В своем развитии ТС проходят три этапа: синтез, массовое применение, развитие составляющих ее веществ и подсистем. Последние два этапа совмещены во времени и оказывают друг на друга взаимное влияние. Период синтеза ТС, имеющий в своем начале только общественную потребность, протекает в постоянном противоборстве факторов внешней и внутренней сред. Этот период заканчивается созданием моно-ТС, т.е. калссического типа ТС для данной ГПФ. Характерными признаками такой ТС являются: наличие идеального вещества [3] и пограничного слоя [2]; высокое значение ГПФ; приближение к пределу физических возможностей принципа, на котором основана работа системы; образование закономерно организованных в пространстве компонентов, связанных энергопотоками в единое целое, т.е. представляющее собой минимально работоспособную управляемую ТС с набором необходимых функций.

В период массового применения ТС происходит одновременно два противоположно направленных процесса:

1. Процесс постепенного "растворения" в других ТС, при этом моно-ТС поглощается системой, выполняющей главный производственный процесс.

2. Процесс "кристаллизации", увеличения одновременно действующих ТС, переход в надсистему по цепочке "моно-би-поли-сложные ТС" (рис. 1).

Параллельно с массовым применением происходит процесс выявления новых функций и обеспечение их полезно-функциональными подсистемами. Процесс развертывания ТС диалектичен: одновременно с "обрастанием" ТС подсистемами идет их поглощение веществои. При этом идеализация

вещества осуществляется по этажной схеме [3] путем постепенного увеличения ГПФ за счет вытеснения лишних свойств, лишних веществ, лишних подсистем и т.д. (рис. 3). Последовательность процесса: 1) образование моно-ТС; 2) появление новых функций, увеличивающих ГПФ, и подсистем, обеспечивающих их выполнение; эти подсистемы являются как бы "черновиками" будущих идеальных веществ (ИВ); 3) появление новых ИВ, заменяющих подсистемы ($ИВ^1$ - первого порядка); 4) взаимопроникновение и слияние нескольких ИВ в одно $ИВ^2$ (второго порядка), которое выполняет функции всей ТС; 5) появление новой моно-ТС - моно′-ТС, представляющей из себя минимальную работоспособную ТС с $ИВ^2$; 6) то же для надсистемы и т.д.

Необходимым условием введения новых веществ и подсистем в ТС является их высокая вещественно-полевая и функциональная совместимость между собой и существующими элементами (максимального значения этот фактор достигает у ИВ).

Универсальной причиной изменения и развития ТС является борьба и единство противоположностей. Причем изменение и развитие происходит в силу взаимодействия и противоречия между внешней средой (ВС) и ТС. При попытке увеличения ГПФ (т.е. общественной потребности) претензии ВС проникают в иерархическую структуру ТС. Глубина их проникновения определяет степень тех или иных изменений в ТС.

Одним из объективных механизмов действующих при изменении (развитии) ТС является динамизация одного из уровней или ТС в целом [4]. Под динамизацией понимается направленное приспособление (адаптация) к меняющимся претензиям ВС без ухудшения ГПФ. Любая ТС, развиваясь, проходит следующие этапы динамизации: 1) пассивную адаптацию, когда организация ТС принимает организацию ВС; 2) активную адаптацию, когда организация ТС соответствует или несколько выше организации ВС; 3) управляемую адаптацию, когда организация ТС намного выше организации ВС и управляет последней.

Процесс динамизации сопровождается переходом ТС с макро- на микроуровень по стадиям, которые образуют цепочки динамизаций, составляющих вцелом схему динамизации ТС (рис. 4).

Литература:

1. М.Г.Карпунин, Б.И.Майданчик. Функционально-стоимостной анализ в отраслевом управлении эффективностью. М.: Экономика, 1983, с.29-44.

2. Ю.П.Саламатов, И.М.Кондраков. Некоторые особенности идеальных технических систем. В сб.: Методология и методы технического творчества. Тезисы докладов и сообщений к научно-практической конференции 30 июня - 2 июля 1984 г., с.66-68.

3. Ю.П.Саламатов. Эволюция вещества в технических системах. Там же, с. 64-66.

4. И.М.Кондраков. Динамизация технических систем. Там же, с. 70-72.

1. Продольный разрез модели эволюции ТС.

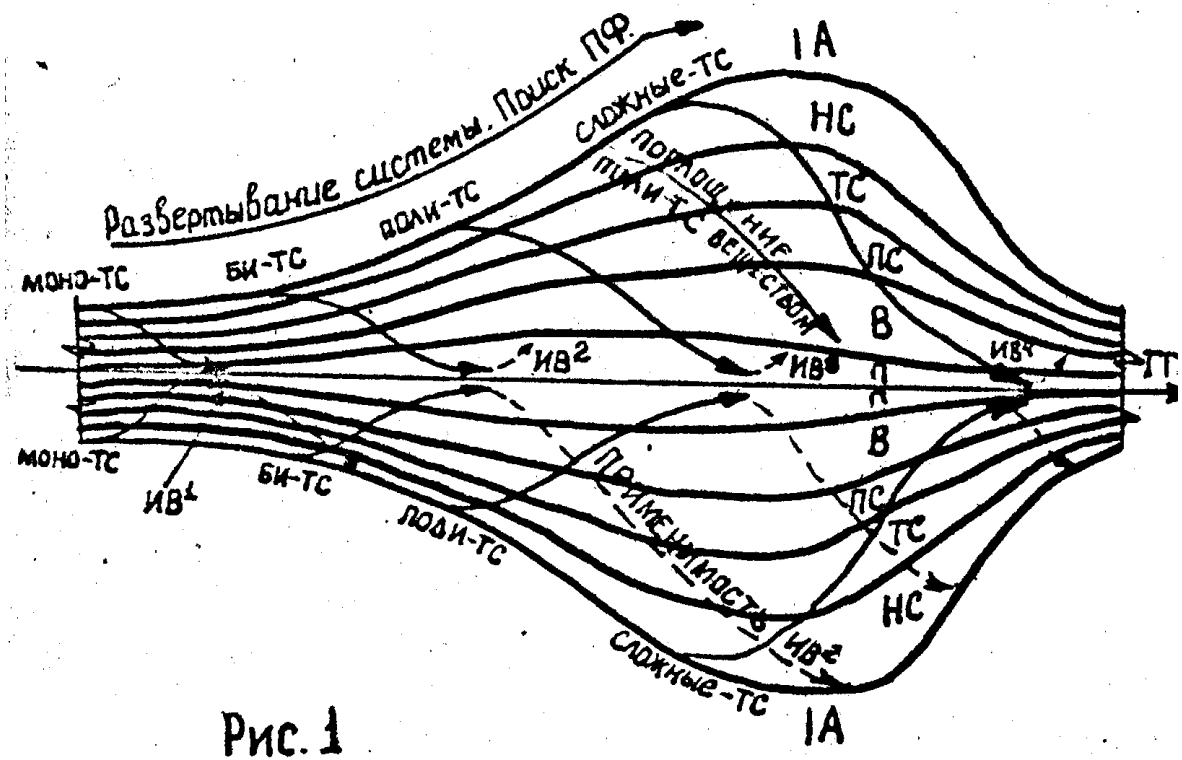


Рис. 1

2. Сечение А–А.

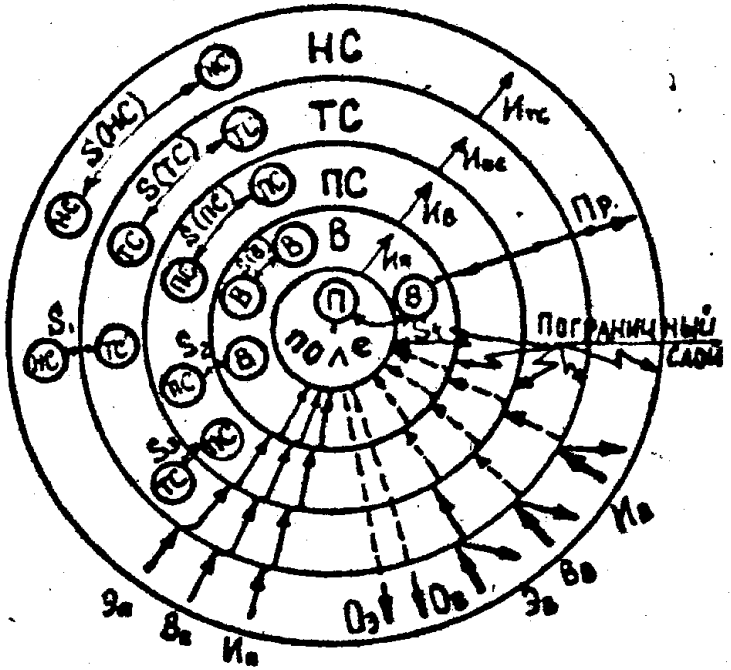
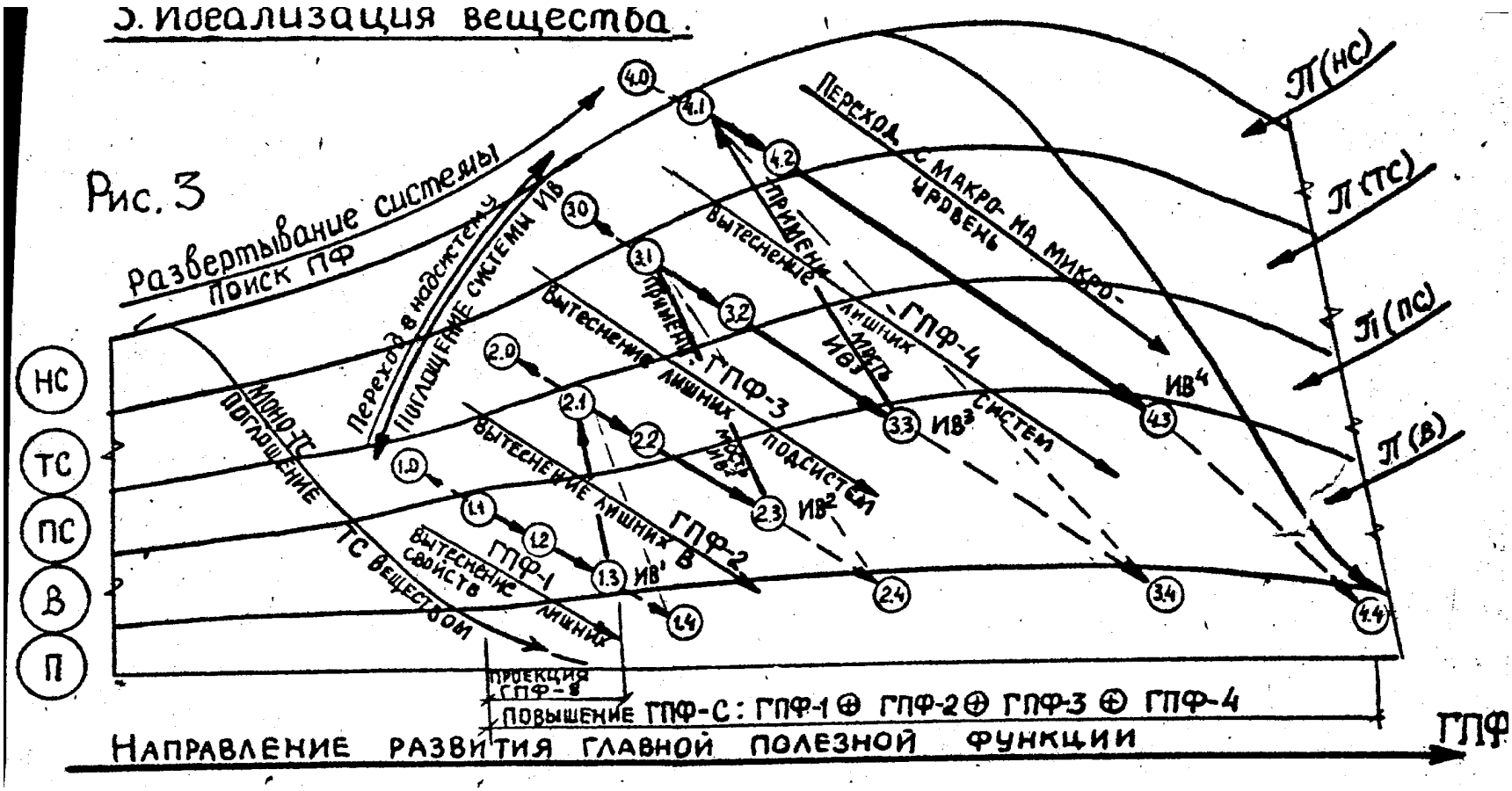


Рис. 2


3. Идеализация вещества.
Рис. 3
Развертывание системы
Поиск ПФ
Переход в надсистему
Поглощение системы ИВ
Моно-ТС
Поглощение
ТС веществом
Вытеснение свойств лишних
Вытеснение лишних ИВ
Вытеснение лишних ИВ подсистем
Применение ГПФ-3
Применение ГПФ-4
Переход с макро- на микро-уровень
Вытеснение лишних ИВ систем
ГПФ-1
ГПФ-2
ИВ¹
ИВ²
ИВ³
ИВ⁴
НС
ТС
ПС
В
П
П(НС)
П(ТС)
П(ПС)
П(В)
Проекция ГПФ-8
Повышение ГПФ-С: ГПФ-1 ⊕ ГПФ-2 ⊕ ГПФ-3 ⊕ ГПФ-4
Направление развития главной полезной функции
ГПФ

4. Динамизация ТС.

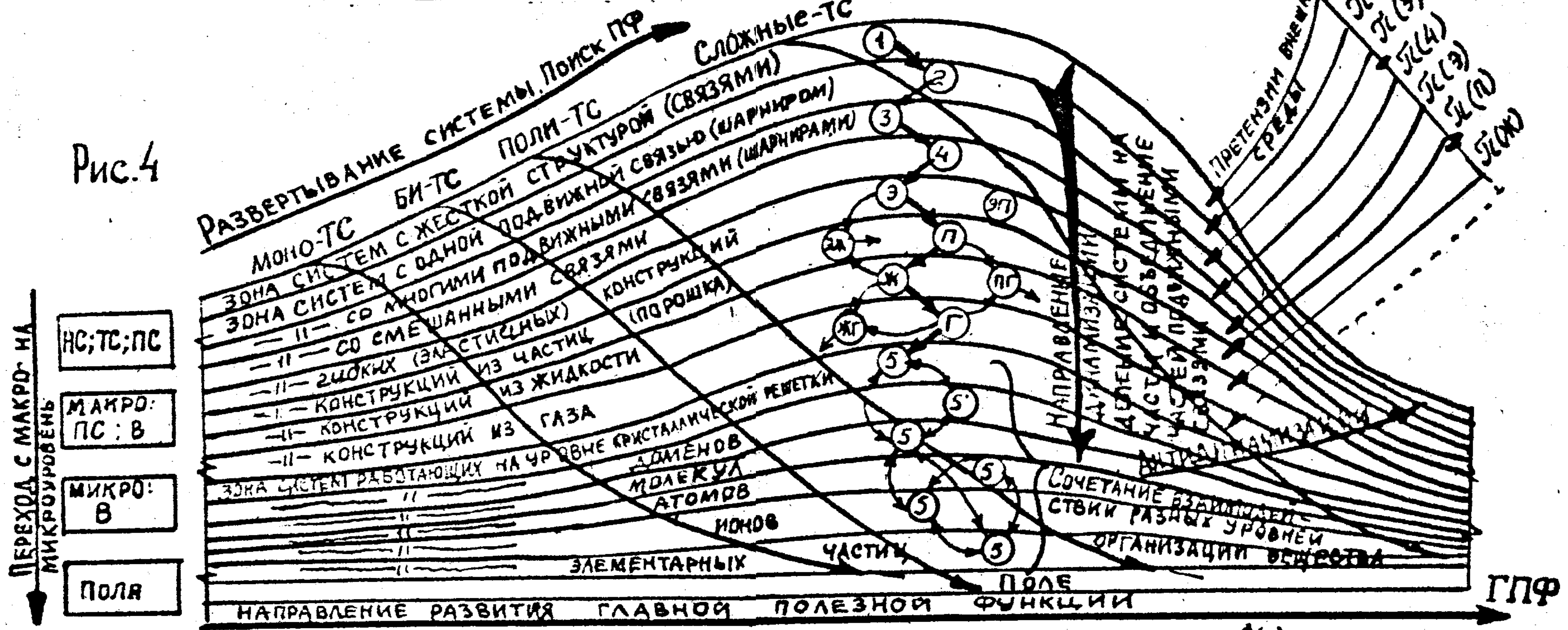


Рис.4

Обозначения: П-поле; В-вещество; ПС-подсистема; ТС-техническая система; НС-надсистема; S( ) – связь; Э;В;И – энергия, вещество, информация (п-полезные; в-вредные); $П_р$ – продукция; ГПФ – главная полезная функция; π( ) – претензии внешней среды; $ИВ^{1,2,3,4}$ – идеальное вещество; 1.1; 2.1; 3.1; 4.1 – случайное совмещение функций одной из (В; ПС; ТС...) с ИВ; 1.2; 2.2; 3.2; 4.2 – применение свойств ИВ в системе; 1.3; 2.3; 3.3; 4.3 – синтез универсальной системы (В) с полной ГПФ из ИВ; 1.4; 2.4; 3.4; 4.4 – замена "В" полем; 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 – замена данной системы системой более высокого ранга.

Приложение 4

Саламатов Ю.П.

Методика проведения исследований по ТРТС
(на примере измерительных систем)
(Минск, симпозиум ИМ, 1991 г.)

Нами продолжается работа над законами развития технических систем. В 1989 г. здесь проводился семинар по ЗРТС. В 1990 былаписана книга по ЗРТС, которая выходит в Петрозаводске. Была предпринята попытка составить АРТС, но без подробной разработки законов попытка оказалась неудачной.
В чем трудности составления АРТС? - В слабой базе знаний по ЗРТС:

1. Явная количественная недостаточность законов, правил и эвристик; для такой огромной области знаний как "Технические Системы" на сегодня имеется всего лишь 9 законов.
2. Сильная качественная неоднородность законов, часть из которых декларативны (закон неравномерности развития), другие неконструктивны (закон увеличения степени вепольности), третьи - лишь указывают направление развития (в надсистему, с макро- на микроуровень).
3. Отсутствие методики определения этапа развития данной ТС; чтобы развивать дальше, надо установить где ТС находится сейчас.

Коротко говоря, *база знаний по ЗРТС неполна и плохо структурирована*.
Главная трудность в развитии базы знаний - необходимость охвата огромного (необъятного!) объема информации по техническим системам. Во-первых, такой анализ никто не ведет, во-вторых, нет методики обработки информации, нет способа анализа.

Мы начали такую работу. Встал вопрос: чем ограничивать поле поиска и анализа. Не ограничивать нельзя - можно утонуть в море информации. Но также опасно ограничивать поисковое поле:

♦ рассматриваемые ТС не должны быть ограничены одной отраслью техники (нельзя выводить ЗРТС только из комбайностроения);

♦ рассматриваемые ТС не должны быть ограничены одной областью физики или химии (только механика, только электроника, только биотехнология);

♦ рассматриваемые ТС не должны быть ограничены одним семейством принципов действия, лежащих в основе ТС (например, принцип аэродинамической подъемной силы, принцип качения колеса, принцип обработки резцом вращающихся деталей).

Системы должны быть максимально разнообразны, включать весь набор ФЭ, ХЭ, ГЭ, все стандарты, все приемы. У этих систем должна быть длинная и подробная история развития.. И, вместе с тем, они должны четко идентифицироваться, отделяться от других ТС, - область исследований не может быть размытой, не четкой.
В наибольшей степени этим требованиям отвечали ***измерительные системы***. Их можно четко и надежно идентифицировать и классифицировать.
Сбор БД по измерительным системам очень трудоемок, но все-таки обозрим и

конечен: что-то около 1 млн. единиц, 3 года, 5чел.

По собираемой базе данных ведется главная работа - анализ ТС и выявление эвристик.
Методика формирования базы знаний:

1. Подбирается блок информации из БД по одной ТС. Блок должен содержать исчерпывающую информацию обо всех особенностях развития данной ТС от момента возникновения ее прообраза, до момента синтеза классической схемы ТС (закон полноты частей системы, начало массового применения) и далее до самых последних патентов наших дней.

2. Отбор значимых единиц информации и выстраивание их в непрерывную цепочку целенаправленного плавного изменения ТС. Пояснения:

♦ значимые единицы информации - только те, которые попадают на главную линию развития; тупиковые и боковые ветви не рассматриваются; "бумажные" патенты и технические решения не воплощенные в реальных ТС и не послужившие прототипом для таковых - отбрасываются;
♦ непрерывная цепочка развития - технические решения выстраиваются не по датам их появления, а по очередности появления-исчезновения элементов в подсистемах ТС, т.е. выстраивается системная логика, а не шкала приоритетов;
♦ целенаправленное изменение ТС - логика развития системы диктует единственное направление: увеличение ГПФ, это единственная цель, подчиняющая все остальные подцели и нюансы развития; требования к ГПФ всегда диктуются материальным производством и потребностями человека, следовательно, ГПФ должна постоянно увеличиваться от одного технического решения к другому; ТС с большим значением ГПФ ставится после ТС с меньшим значением ГПФ.

3. На линии развития с зафиксированными техническими решениями пишутся краткие формулы изменений в ТС при переходе от одного технического решения к другому: что сделано, техническая сущность сделанного, что это дало для увеличения ГПФ.

4. Формулы изменений укрупняются (в них включаются несколько последовательных технических решений); должна быть найдена обобщенная техническая формулировка изменений в ТС, которые привели к **заметному** увеличению ГПФ.

5. Технические формулировки заменяются эвристиками, т.е. формулировками творческих решений.

6. Эвристики обобщаются в приемы, принципы, операторы преобразований.

7. То же повторяется на другой ТС, с той же ГПФ, но работающей на другом физическом принципе (например, механические часы, электромеханические, электронные).

8. Выводятся наиболее общие эвристики.

9. Находятся эвристики высших уровней при анализе нескольких разных ТС - возможно это и будут законы развития технических систем.

Далее идет краткое изложение работы В.Е.Афанасьева по истории возникновения и развития систем измерения времени (см. фонд ЧОУНБ).

Приложение 5

Саламатов Ю.П.

Примерный план исследовательской работы по ТРТС
(для Д.Кучерявого, 24.04.1991, Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА И РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ТС ПО ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ)

1. Момент возникновения системы по обработке материалов (1-я, 2-я и т.д. системы).

1.1. Возникновение потребности, требуемой полезной функции, появление способа обработки (возникновение нового, развитие известного - через какиестадии?).

1.2. Воплощение способа (приема) обработки в системе "инструмент-человек".

1.3. Развитие инструмента как следствие непрерывной тенденции в увеличении ГПФ.

2. Вытеснение человека из системы и ее превращение в ТС: 1-й закон ЗРТС, последовательность появления элементов в ТС, рост ГПФ, момент возникновения структуры ТС, связи, потоки энергии, возникновение полной ТС. Самое важное: открытие принципов, шагов, стадий, законов синтеза ТС, причинно-следственные цепочки (физические, логические).

3. Начало периода развития ТС: превращение ТС из минимально необходимой и достаточной в более сложную, появление первых подсистем (дополнительных, вспомогательных, буферных, обслуживающих) - как они влияли на ГПФ? Проследить все стадии развития подсистем вплоть до исчезновения (слияния, замены на новую, идеализации) - что влияет на этот процесс? Орган управления - развитие. Рабочий орган - наиболее подробно. Трансмиссия, двигатель, источник энергии - что с ними происходит? Как менялись изделия? Количество функций, выполняемых ТС - рост, "расщепление" и "слияние", появление и исчезновение - за счет чего, в какие моменты?

4. Период "интеллектуализации" ТС - дальнейшее вытеснение человека из органа управления; куда,как, когда?

5. Процессы свертывания, идеализация, новые принципы обработки, новые материалы, программирование свойств материалов, способы формообразования без обработки, придание новых функций веществу, идеализация вещества. Что происходит с ТС - этапы, шаги, стадии, принципы, правила.