

Законы развития технических систем

Структура ЗРТС

1. Статика

- 1.1. Закон полноты частей системы
- 1.2. Закон энергетической проводимости ТС
- 1.3. Закон согласования/рассогласования ритмики частей ТС

2. Кинематика

- 2.1. Закон увеличения степени идеальности ТС
- 2.2. Закон неравномерности развития частей ТС
- 2.3. Закон перехода в надсистему
- 2.4. Закон свертывания/ разворачивания ТС
- 2.5. Закон вытеснения человека из ТС

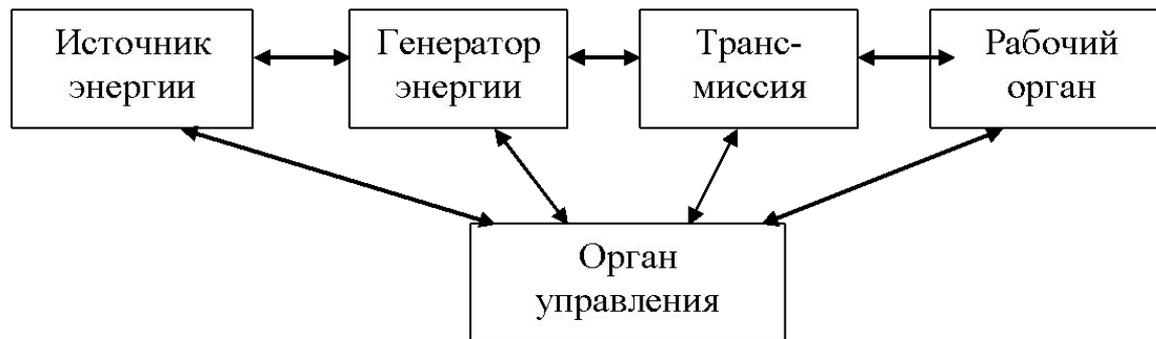
3. Динамика

- 3.1. Закон повышения динамичности и управляемости
- 3.2. Закон перехода с макроуровня на микроуровень
- 3.3. Закон увеличения степени вепольности

1.1. Закон полноты частей системы

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности ТС является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.

ТС должна быть функционально полной, т.е. включать в себя минимальное количество элементов, необходимое и достаточное для выполнения ГПФ. Отсутствие хотя бы одного из функционально необходимых элементов свидетельствует о том, что системы пока еще нет.



1.2. Закон энергетической проводимости ТС

Для того, чтобы система могла выполнять свою функцию, необходимо обеспечить сквозной проход энергии через все части системы.

Надо стремиться, чтобы ТС была не только хорошим проводником энергии, но и обеспечивала бы минимальные потери энергии.

Правила:

1. При синтезе ТС надо стремиться к использованию одного вида энергии на все процессы и работы.
2. Если ТС состоит из веществ, которые менять нельзя, то используется поле, которое хорошо проводится веществами системы.
3. Плохо управляемое поле заменяют на хорошо управляемое по цепочке: гравитационное – механическое – тепловое – магнитное – электрическое – электромагнитное.

1.3. Закон согласования/ рассогласования ритмики частей ТС

Необходимым условием принципиальной жизнеспособности ТС является согласование ритмики (частота колебания, периодичность) всех частей системы.

В период жизни ТС происходит согласование (рассогласование) ее подсистем между собой и (или) внешней средой (чем больше габариты обрабатываемой детали, тем больше мощность станка).

Конечным этапом в цикле жизнедеятельности ТС является динамическое согласование/рассогласование, при котором параметры системы изменяются управляемо, а в последствии – самоуправляемо, так чтобы принимать рациональные значения в зависимости от условий работы ТС.

2.1. Закон увеличения степени идеальности ТС

Развитие всех ТС идет в направлении увеличения степени идеальности.

Исторический анализ развития ТС позволяет выделить следующие этапы:

1. Возникновение потребности на ТС и формулирование ее ГПФ.
2. Синтез ТС и начало ее функционирования. Процесс конструктивной и функциональной эволюции ТС.
3. При попытке «выжать» из ТС больше, чем она может дать, возникают технические противоречия.
4. Совершенствование ТС за счет изобретательских решений и устранения противоречий.
5. Совершенствование ТС продолжается до тех пор, пока не будут получены максимально возможные параметры для данной структуры и принципа действия и в дальнейшем улучшение показателей становится невозможным, либо очень затратным.
6. Исчерпав все ресурсы и достигнув «потолка», система «сходит со сцены», либо включается в надсистему в качестве одной из подсистем (пейджер – мобильный телефон).

Конструктивный
подход

$$И = \frac{\sum \Phi_{п}}{\sum \Phi_{р}}$$

Увеличение

Функциональный
подход

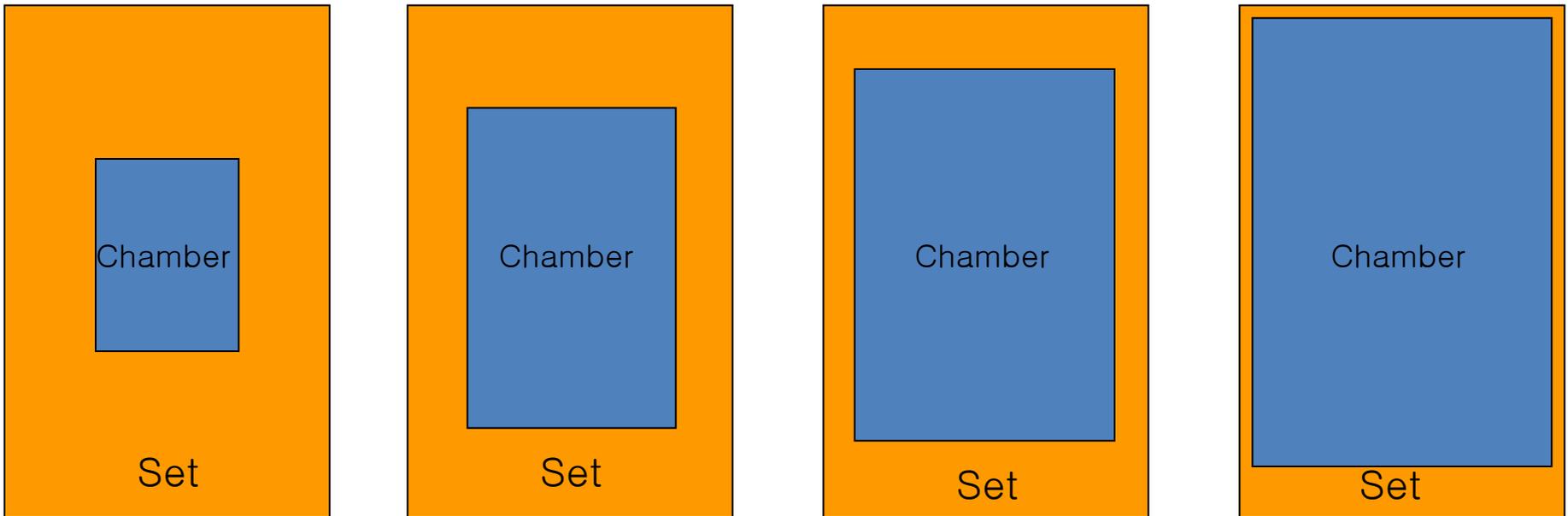
I. Направленные на повышение
качества выполнения функции $\sum \Phi_{п}$

1. Универсализация функций
2. Специализация функций
3. Принцип местного качества

II. Направленные на
снижение затрат $\sum \Phi_{р}$

4. Передача функций
5. Упразднение функций
6. Уменьшение
энергопотребления

Example: Холодильник



1930

1960

1990 년



2.2. Закон неравномерности развития частей ТС

Развитие частей системы идет неравномерно – чем сложнее система, тем неравномернее развитие ее частей.

Неравномерность развития частей системы является причиной возникновения технических и физических противоречий.

Пример – уменьшение размеров электронных устройств сдерживается размерами элементов питания.

Развитие одной части создает несогласованность в системе и появление противоречия. Постепенно меняются и другие части системы, что, в конце концов, приводит к полной замене всей системы.

2.3. Закон перехода ТС в надсистему

Развитие системы, достигшей своего предела, может быть продолжено на уровне надсистемы.

Первоначально имеется одна – моно система. Далее объединяются две исходные системы, получается би система. На следующем этапе объединяют три и более систем, образуется поли система. Следующий этап развития, когда би/поли системы образуют новую единую систему, которая выполняет все функции входящих в нее систем. Эта операция называется свертывание.

Варианты свертывания:

1. Создание системы из однородных элементов (карандаши в стакане).
2. Образование систем из однородных элементов со сдвинутыми характеристиками (биметаллическая пластина).
3. Создание системы из конкурирующих систем (турбовинтовой двигатель).
4. Объединение разнородных элементов (карандаш с точилкой)
5. Создание систем из антагонистических элементов (карандаш с резинкой, кондиционер – нагреватель).

ЗАКОН ПЕРЕХОДА СИСТЕМЫ В НАДСИСТЕМУ

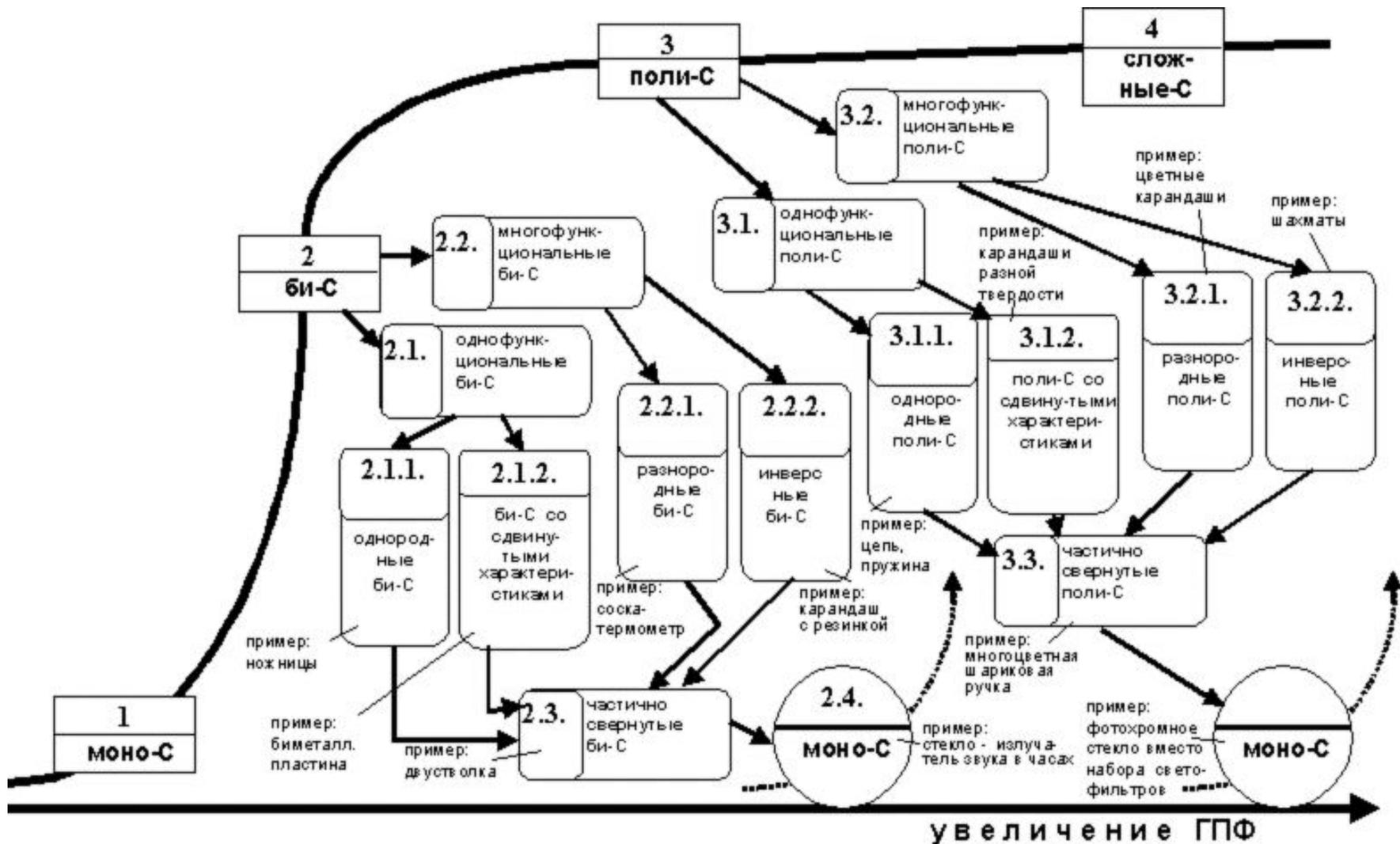
Выполнение системой функций надсистемы

Альтернативные
способы осуществления
функции надсистемы

Придать системе
дополнительные
функции

Объединение системы с
другими системами



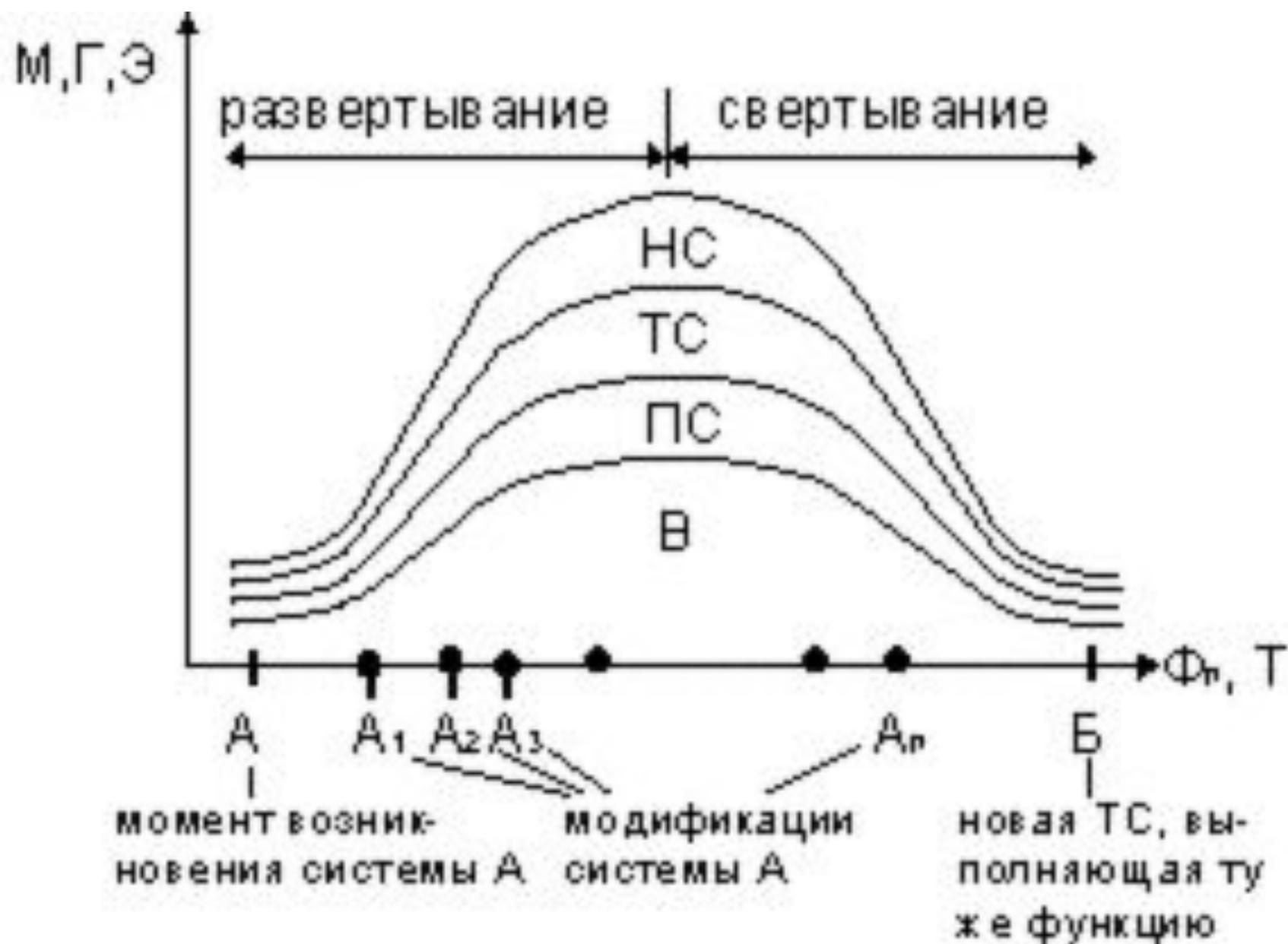


2.4. Закон свертывания/ развертывания ТС

Техническая система, возникнув и начав захватывать ресурсы, увеличивает свои массогабаритные и энергетические показатели (развертывается), и достигнув какого-то предела (потребления ресурсов), уменьшается (свертывается).

Развертывание ТС начинается с самого рождения – с момента появления рабочего органа. Потом к рабочему органу добавляются другие части, улучшающие выполнение ГПФ и вытесняющие человека из ТС. При этом структура усложняется.

После развертывания ТС начинается свертывание – новый этап преобразований, связанный с уменьшением массогабаритных характеристик и энергопотребления при увеличении ГПФ.



2.5. Закон вытеснения человека из ТС

В процессе развития ТС происходит поэтапное вытеснение из нее человека.

Возможны два пути вытеснения человека из ТС:

1. Замена деятельности человека устройствами, выполняющими те же операции.
2. Отказ от технологии, рассчитанной на человеческие возможности.

ОН ОДИН СЛОВОБЕН
ЗАМЕНИТЬ ВАС ТРОИХ...



Техническая система в разных фазах



3.1. Закон повышения

динамичности и управляемости

Для развития ТС с целью повышения ГПФ необходимо повышать динамичность и управляемость системы и ее отдельных частей.

Можно выделить следующие проявления этого закона:

- Движение от систем, имеющих постоянные параметры, к системам, имеющим параметры, согласованные с режимами работы;
- Переход от специализированных систем к многофункциональным;
- Введение управления, зависящего от параметров внешней среды;
- Переход к системам с динамичными связями между элементами, заменяющим вещественные связи полевыми;
- Введение управления за счет обратной связи.

Повышение динамичности и адаптивности

Инструмент...

Динамизация инструмента

инструмент как
поле

жидкий (газ) инструмент

инструмент как частицы

инструмент как сочленение

жесткий инструмент

Инструмент...

Повышение функциональности



Пример: Панель управления



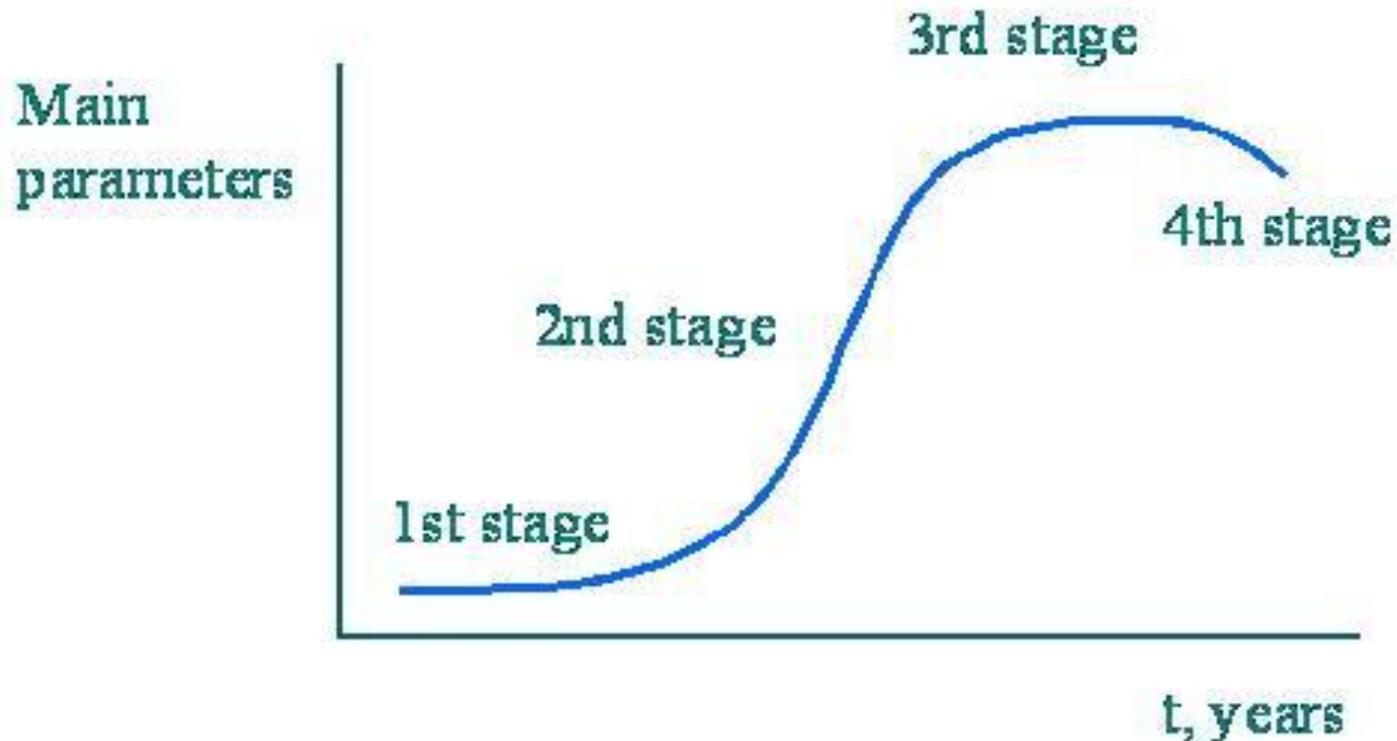
Закон 1: S-кривая развития системы



Изобретение!

Формулировка закона:

Закономерность развития технических систем, заключается в том, что в процессе развития изменение главных параметров ТС происходит таким образом, что графики временной зависимости этих параметров имеют S-образный вид.



ХАРАКТЕРИСТИКА, ПРИЧИНЫ И ПРИЗНАКИ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ТС. ТИПОВЫЕ ВЫВОДЫ

Первый

этап

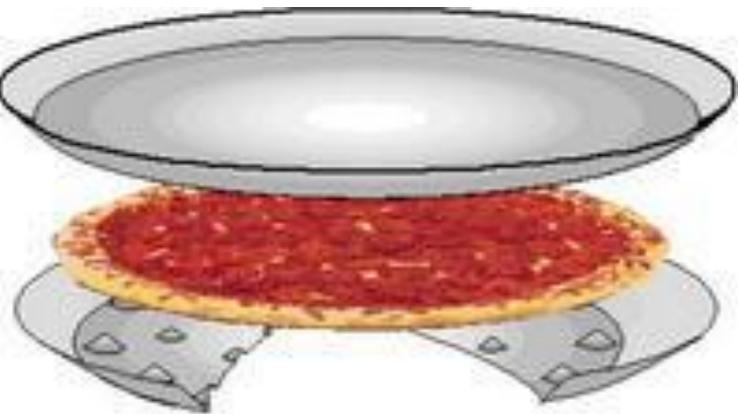
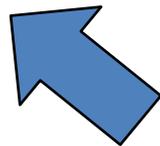
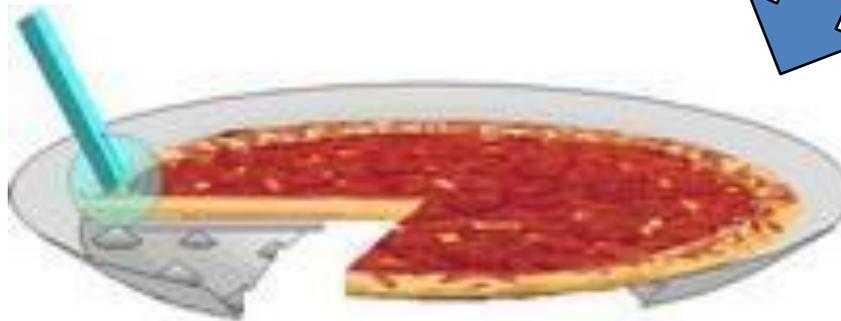
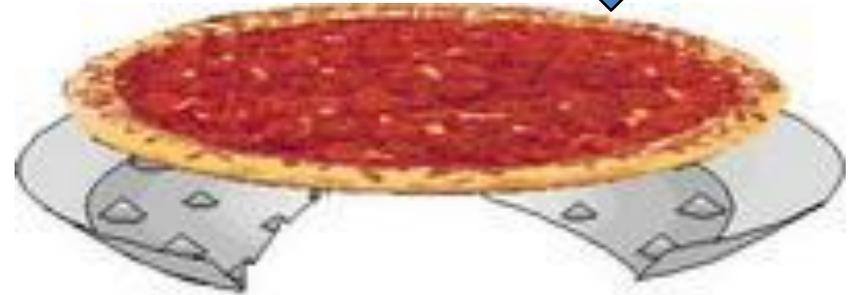
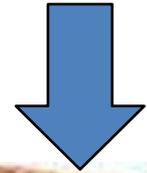
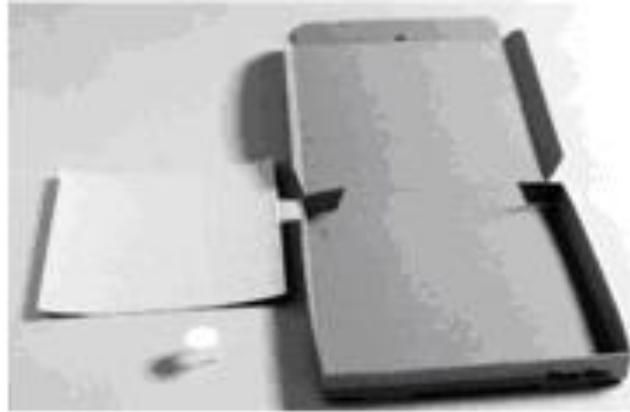
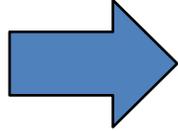
Характеристика первого этапа

Первый этап развития ТС начинается с момента ее создания и характеризуется очень медленным ростом главных показателей (иногда рост может и вообще прекратиться на какое-то время).

Например: противотанковое ружье и топливный элемент



Пример - разработка новой коробки для пиццы.



Главной особенностью первого этапа является тот факт, что система в силу разных причин еще не удовлетворяет требованиям общества, и поэтому практически не используется.

Причины первого этапа:

- **Нехватка ресурсов**
- **Наличие цепочки "узких мест"**

Пример: Аргус, измельчение порошка

- **Внешние причины**

Пример: создания динамореактивной пушки



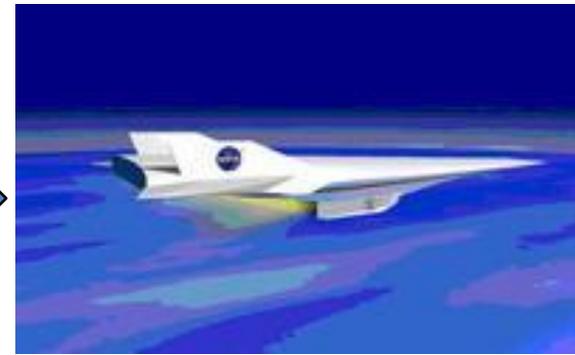
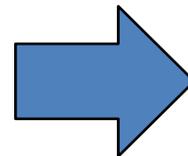
Признаки 1-го этапа

- **Главный признак: ТС еще не вышла на рынок или занимает на нем маленькие, строго ограниченные ниши**
- **В состав системы входят элементы, разработанные для других систем**

Пример - разработка первого автомобиля

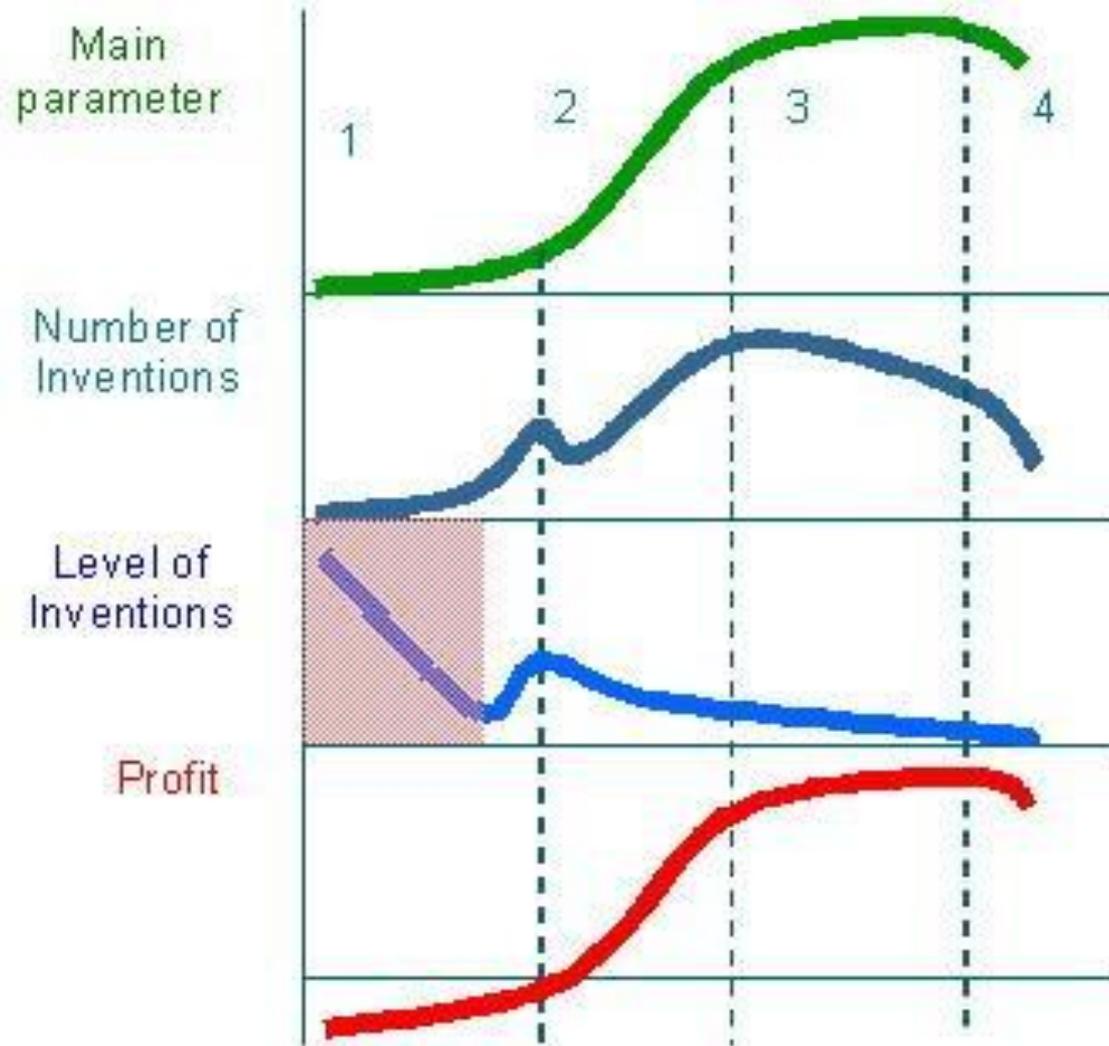
- **Система часто объединяется с элементами надсистемы. Причем эти элементы почти не изменяются - изменяется и приспособляется система.**

Пример - гиперзвуковой летательный аппарат с прямоточным реактивным двигателем



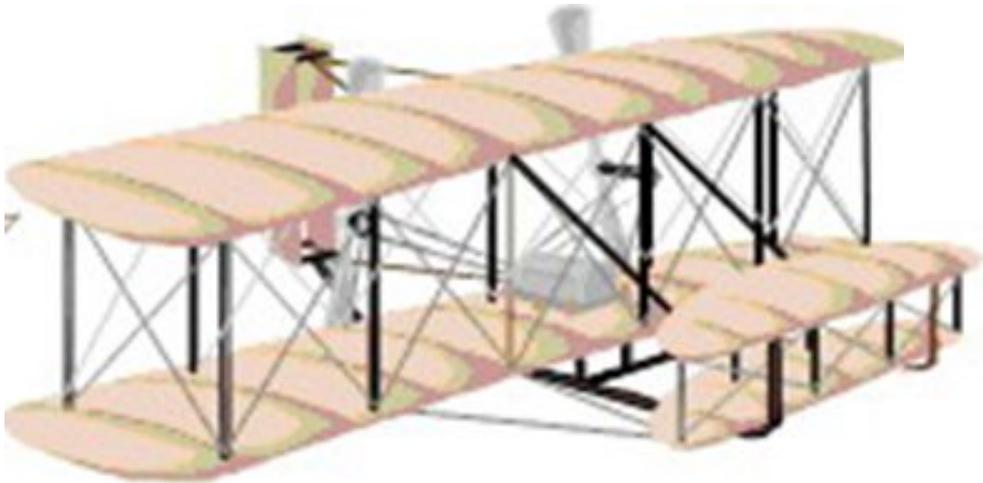
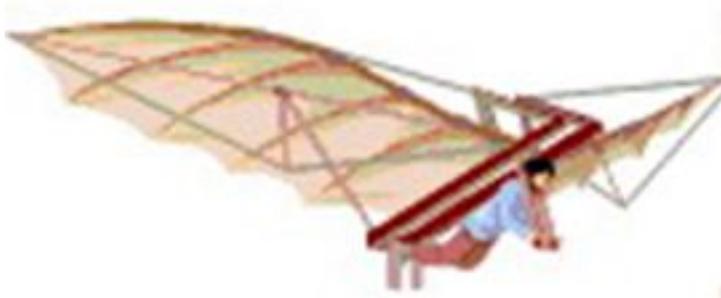
Внешние проявления 1-го этапа:

- Высокий уровень базовых патентов. Уровень последующих патентов быстро снижается к началу переходного этапа.



- Число модификаций системы и глубина различий между ними сначала нарастают, а затем падают.

Пример: история авиации



Возможные выводы из того факта, что система находится на первом этапе развития.

- Требуется значительно повысить отношение "функциональные возможности/затраты"
- Главные усилия должны быть направлены на выявление и устранение "узких мест", препятствующих выходу на рынок.
- Допустимы глубокие изменения в составе системы и ее элементов вплоть до смены их принципа действия.
- Имеет смысл развивать систему для использования в одной конкретной области, где соотношение ее достоинств и недостатков наиболее приемлемо.
- Следует ориентироваться на существующую инфраструктуру и источники ресурсов.
- Имеет смысл объединять ТС с лидирующими на данный момент системами.
- Для определения перспективности ТС необходимо наряду с обычным анализом естественных пределов ее развития выполнить прогноз ее надсистемы.

Пример: производство бумаги

2. Переходный

Характеристика переходного этапа

Переходный этап - ТС практически достигла уровня, достаточного для начала проникновения на рынок, и делает попытки осуществить этот переход. В этот момент система находится как бы в состоянии неустойчивого равновесия.

Пример 1.

В начале 20 века проводились сравнительные испытания нескольких типов самолетов.

Пример 2.

Известен факт, что во время сравнительного испытания пулеметов

Ничего не поделаешь - девиз переходного этапа прост: "вчера было рано, завтра будет поздно".

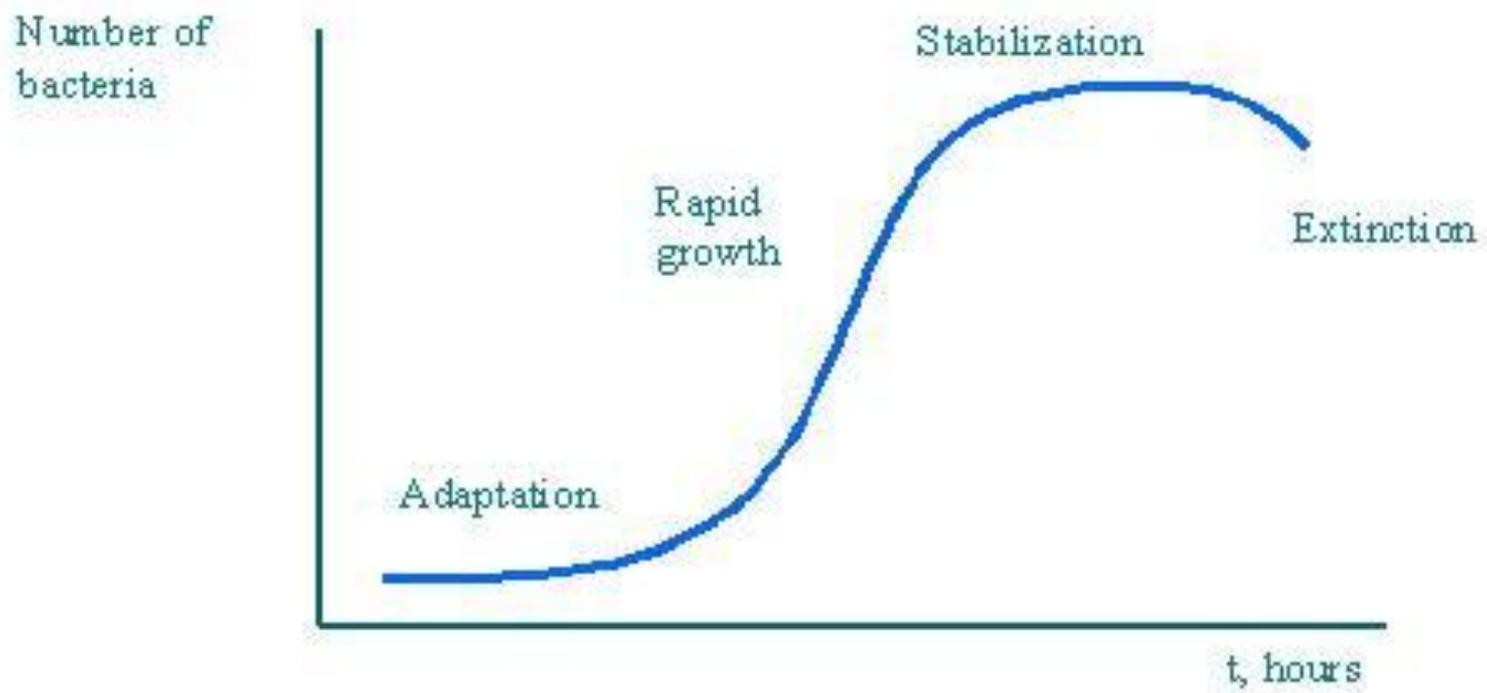
Пример 3.

На заре электротехники возникла острейшая конкуренция между вышедшими на переходный этап электрическими машинами постоянного и переменного тока.

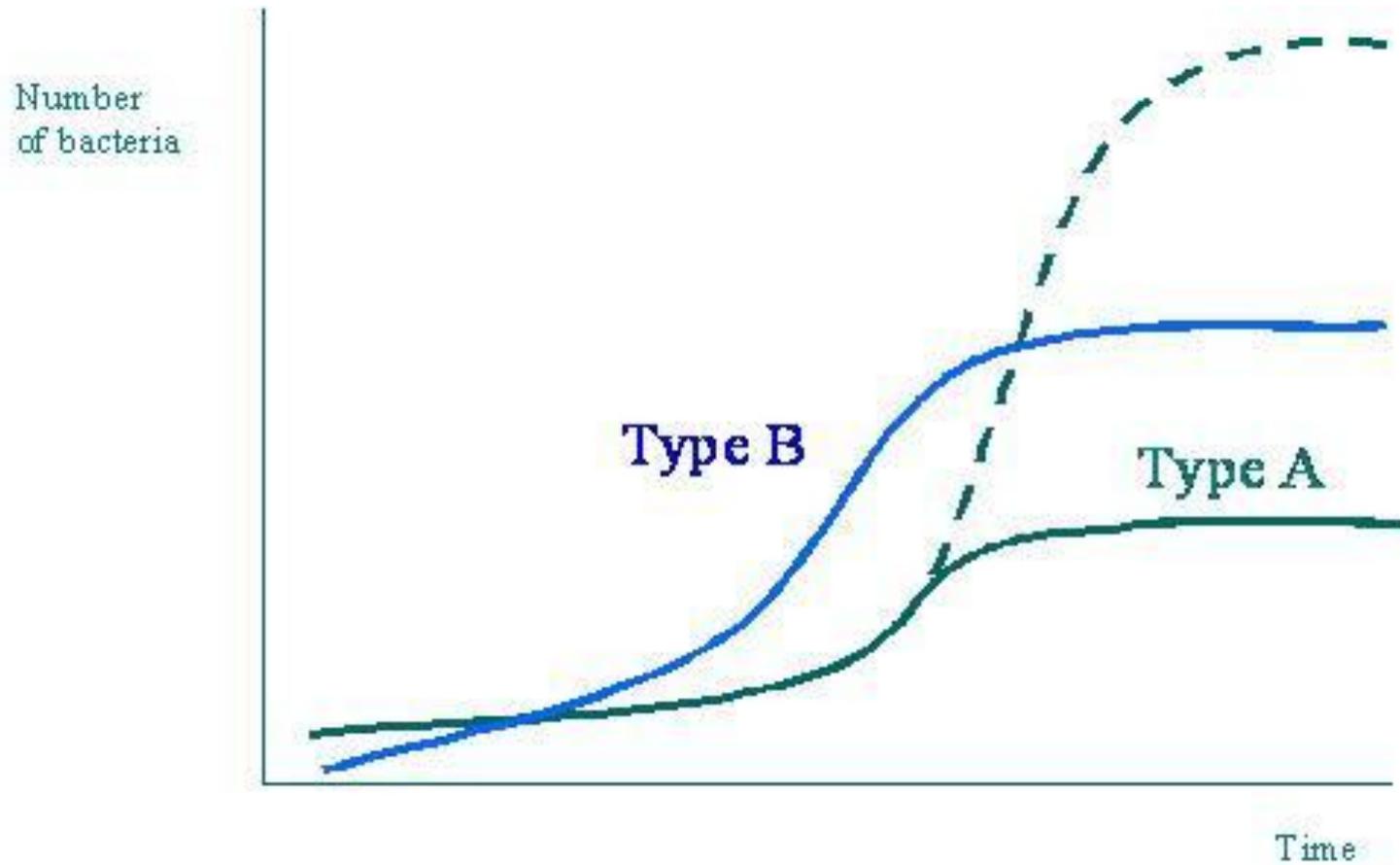
Таким образом, главной задачей, стоящей перед разработчиками ТС, вышедшей на переходный этап, является обеспечение скорейшего внедрения и захват рынка.

Особенность конкуренции систем за выход на рынок:

Известно, что динамика роста числа бактерий на питательной среде также хорошо описывается S-образной кривой



Рост числа бактерий



Пример в истории автомобилестроения



Кто круче?

&



Таким образом, на переходном этапе побеждает не самая перспективная ТС, а самая приспособленная к существующей надсистеме (в частности, инфраструктуре и доступным ресурсам).

Причины переходного

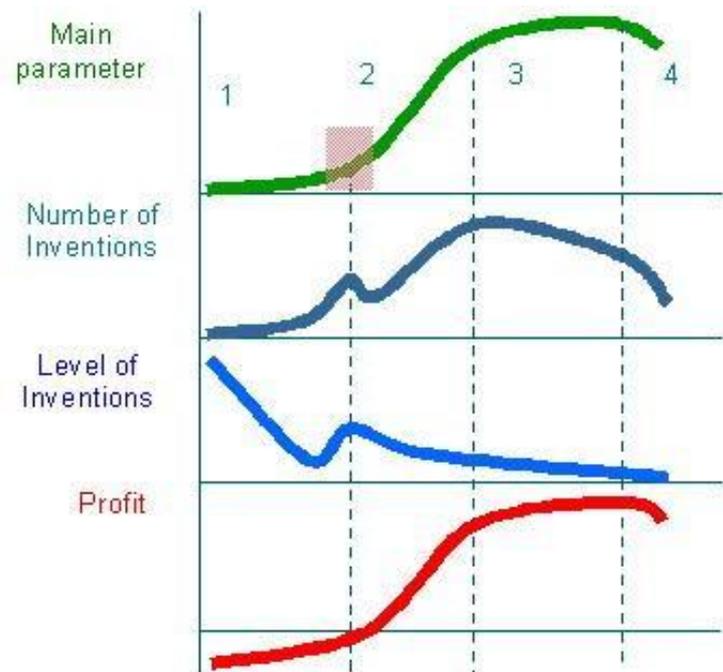
этапа

- Главная причина - неустойчивое равновесие между силами, ускоряющими и тормозящими внедрение.
- Нарастает сопротивление со стороны конкурирующих систем, владеющих рынком.
- Острая конкуренция со стороны соперничающих модификаций ТС

Признаки переходного

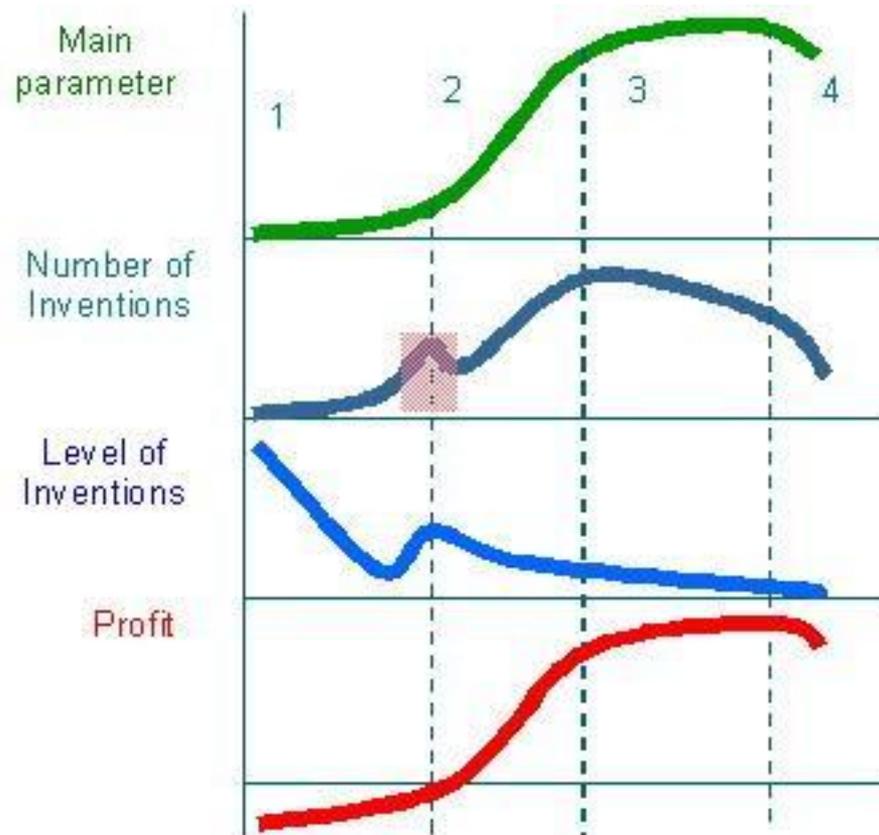
этапа

- Быстро нарастают темпы роста главных показателей
- Система достигла уровня развития, практически удовлетворяющего первоначальным требованиям общества.
- Делаются попытки внедрения в разных областях, большей частью неудачные или имеющие локальный успех.



· Количество патентов в течение переходного этапа сначала повышается, а затем может немного снизиться

· Уровень патентов в течение переходного этапа сначала немного повышается, а затем снижается

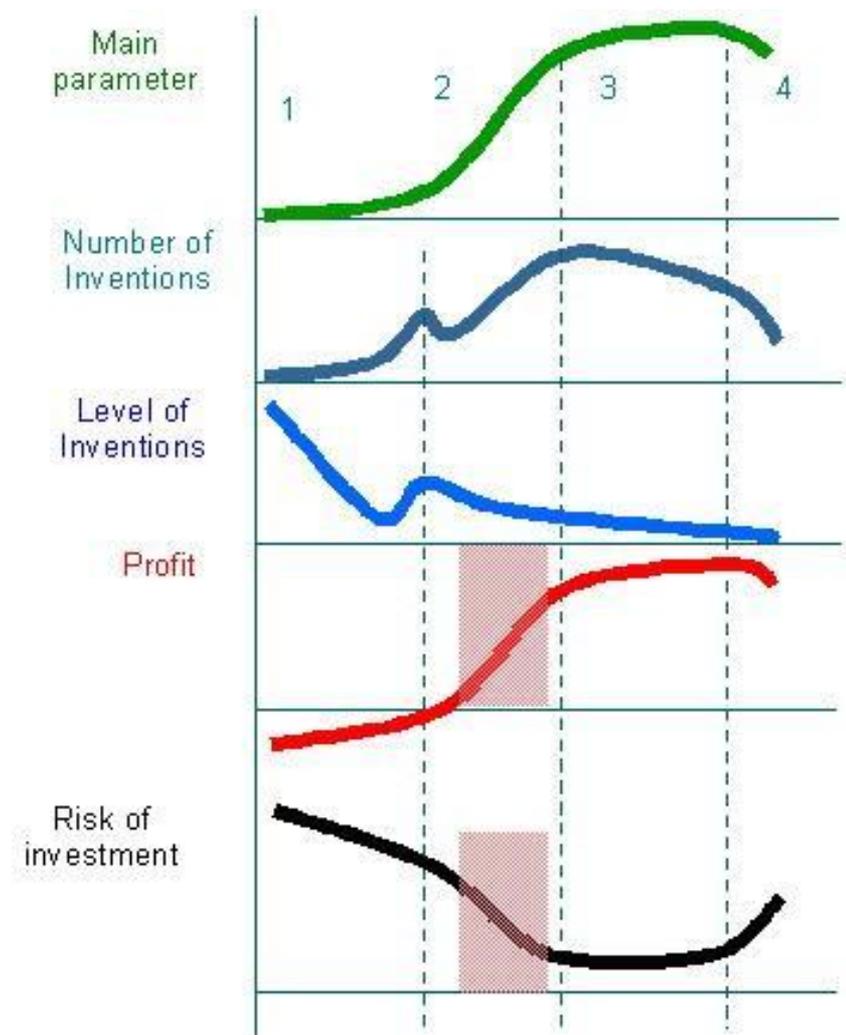


Возможные выводы из того факта, что система находится на переходном этапе развития:

- Главный вывод - необходимо максимально ускорить внедрение. Лучшее - враг хорошего.
- Требуется достичь минимально приемлемого значения основных параметров и резкого опережения как минимум по одному из них.
- Следует внедрять ТС в одной конкретной области, где соотношение ее достоинств и недостатков наиболее приемлемо, а параметр-"чемпион" имеет особое значение.
- Систему нужно приспособить к существующим инфраструктуре и источникам ресурсов.
- Допустимы серьезные изменения в составе системы и ее элементов. Принцип действия самой ТС (ее ядро) менять не следует.

Второй этап

На втором этапе происходит быстрый рост главных показателей системы при относительном снижении затрат.



Причины второго этапа

- Система развилась настолько, что удовлетворяет требованиям общества. Она начинает приносить прибыль. Рискованность вложений в развитие ТС значительно снижается.
- Совершенствование ТС осуществляют не только изобретательскими, но и чисто инженерными методами, т.е. путем оптимизации.

· Довольно часто переход ко второму этапу сопровождается увеличением серийности выпуска. Рост серийности сопровождается снижением затрат на изготовление единицы продукции.

· Становится рентабельным производство высокоэффективных специализированных комплектующих и расходных материалов.



Признаки второго этапа

· Если рост главных показателей сопровождается ростом факторов расплаты, то относительно равномерным.

· Нарастают количество разновидностей системы и областей ее применения.





- **Нарастает глубина различий между разновидностями ТС.**



- **Относительная глубина различий между поколениями системы существенно уменьшается к концу этапа.**



- **Система приобретает дополнительные функции, относительно тесно связанные с выполнением главной.**

- Система начинает потреблять ресурсы, предназначенные специально для нее.



- При объединении системы с элементами надсистемы они начинают приспосабливаться к ней.

Возможные выводы из того факта, что система находится на втором этапе развития:

- В конструкцию системы и ее элементов при их совершенствовании следует вносить изменения средней глубины (без изменения принципа их действия).

- Свертывание и развертывание примерно равноправны.

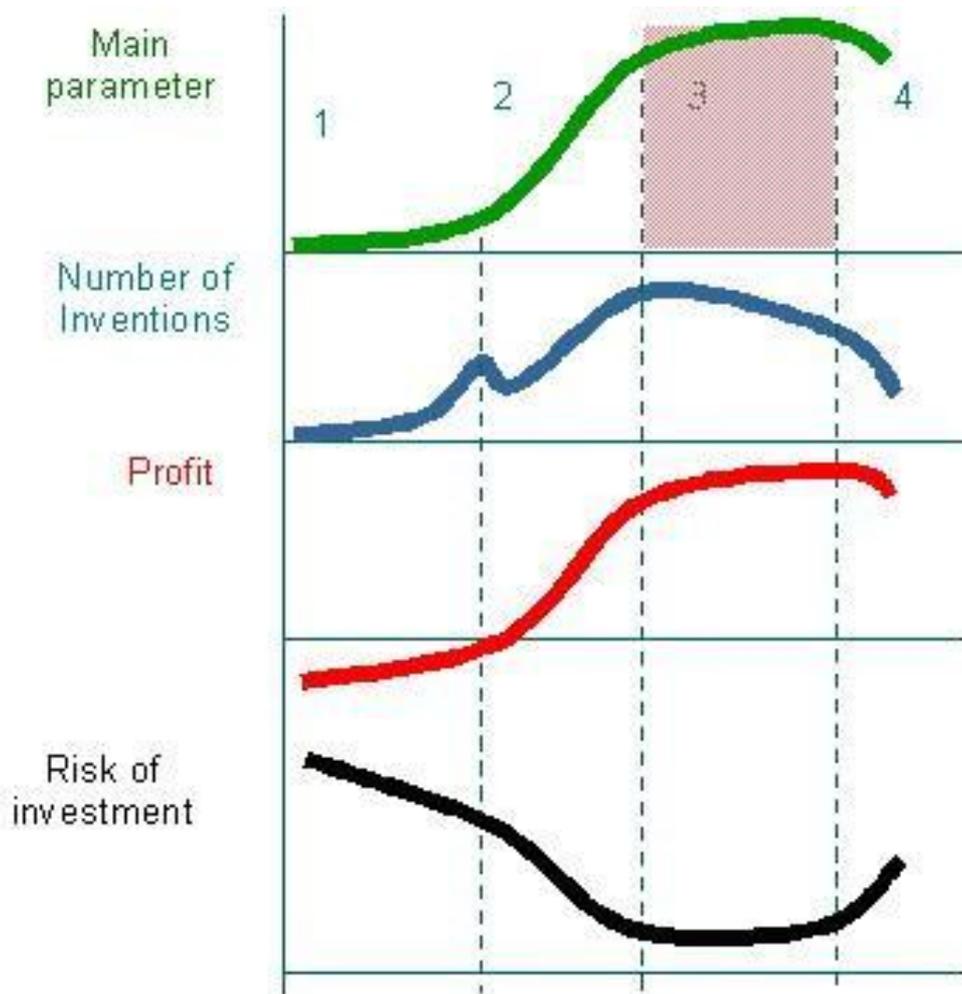


- Имеет смысл решать задачи по адаптации системы к новым областям применения.
- Допустима ориентация на использование специально адаптированных ресурсов надсистемы.

Третий этап

На третьем этапе развитие системы резко замедляется несмотря на нарастающие усилия по ее совершенствованию

ТП к карандаш???



Причины третьего этапа

- Внутрисистемные причины.
- Достижение естественно-научных пределов развития.
- Достижение коммерческих пределов развития.
- Достижение потребительских пределов развития.
- Достижение технических пределов развития.
- Надсистемные причины.
- Ограничения, связанные с объектом главной функции.

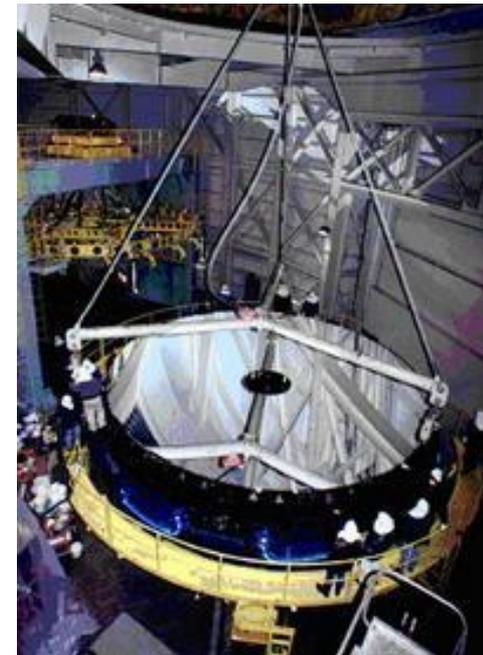
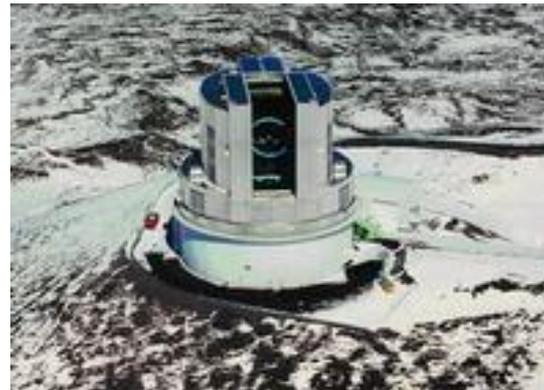


Ресурсные ограничения.

Дирижабль "Гиндебург"



• Технологические ограничения.



• **Инфраструктурные ограничения.**



- **Внешнесистемные причины.**
- **Юридические ограничения.**
- **Психологические ограничения.**

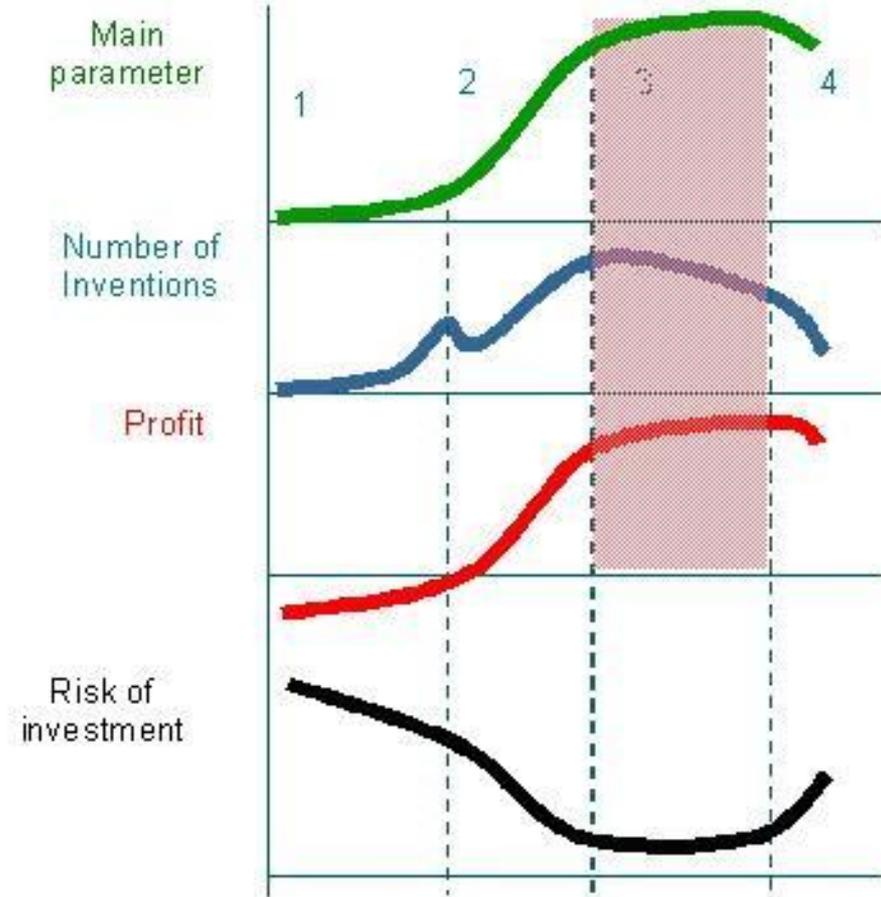
- **Моральные ограничения**
- **Прочие ограничения.**



volkswagen.by

Внешние признаки третьего этапа

- Количество патентов равномерно держится на высоком уровне
- Уровень патентов очень низок
- Рентабельность системы очень высока и относительно стабильна
- Система потребляет высокоспециализированные ресурсы.



· Элементы надсистемы интенсивно приспособляются к взаимодействию с системой.



· Попытка улучшить функциональные показатели приводит к непропорционально резкому росту факторов расплаты.



ROLEX



- Система приобретает дополнительные функции, мало связанные с выполнением главной.

- Быстро растет наукоемкость совершенствования системы.

- Развитие системы идет за счет новых материалов и технологий.



• Поколения в основном отличаются дизайном и сервисными функциями.

• На рынке имеется множество систем, специально ориентированных на взаимодействие с данной.



- Система объединяется с более молодыми системами.
- Система испытывает тенденцию к гигантизму.

Возможные выводы из того факта, что система находится на третьем этапе развития:

- На ближнюю и среднюю перспективы следует решать задачи по снижению затрат и развитию сервисных функций.
- На дальнюю перспективу следует предусмотреть смену принципа действия ТС или ее компонентов, разрешающую тормозящие развитие противоречия.
- Очень эффективны глубокое свертывание, объединение альтернативных систем и другие способы перехода в надсистему.



Законь развития: Мощное средство прогнозирования

