

ЗАКОНЫ СИНТЕЗА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Кондраков И.М.

Закон полноты частей системы отвечает за полноту состава системы при ее синтезе для выполнения заданной функции цели задачи. Он гласит: *для обеспечения минимальной работоспособности системы необходимо и достаточно, чтобы в наличии имелись: рабочий орган - элемент "РО", обеспечивающий выполнение основной функции цели (ОФЦ) – обработку изделия (Из); трансмиссия, преобразователь или трансформатор (Тр) протекающих через систему потоков энергии (Э), вещества (В) и информации (И), орган управления (ОУ) этими потоками, и сам источник потоков Э, В и И – П,*

который чаще выполняет функцию двигателя (Д) (рис. 2.3.3).

При отсутствии хотя бы одной из частей, она становится неработоспособной или неуправляемой. Ту часть, которая является основой любой технической системы, чтобы она функционировала и выполняла полезную работу в соответствии с ОФЦ, назовем **модулем – минимальной моделью** технической системы (Мод). Тогда формула любой системы будет выглядеть так (рис. 2.3.4.):

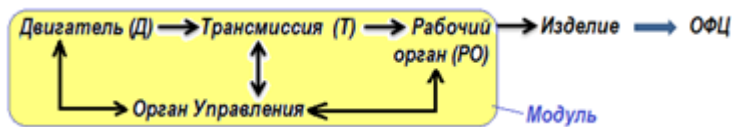


Рис. 2.3.4. Схема модуля ТС

При подаче к модулю потоков

энергии (Э), вещества (В) или информации (И), он совершает работу над изделием (*Изд.*) в виде результата (*R_o*). Потоки ЭВИ можно условно считать полем (П).

Закон полноты частей системы

1-й этап: Зарождение потребностей.



II-й этап: Досистемный уровень

1. Применение случайных предметов с определенными свойствами для выполнения определенных функций, вытекающих из потребностей.



2. Усиление найденной функции введением передаточного, преобразующего элемента.



Камень + палка = топор

3. Замена мышечной силы человека силой животных, простыми механизмами.



III-й этап: Рождение технических систем.

4. Вытеснение человека с уровня управления.



5. Вытеснение человека из сферы производства.



Рис. 2.3.5. Закон полноты частей системы.

$$\mathcal{E}, B, I \rightarrow \text{Модуль} \rightarrow \text{Изд} \equiv \Pi \rightarrow B_1 \rightarrow B_2 \Rightarrow R_o \quad (19)$$

Модуль системы выполняет функции рабочего органа в веполе – минимальной модели технической системы, а сама система из источника потоков (ИП), модуля (Мод) и изделия (Из) и представляет собой веполь. Практически любой элемент ТС может быть выполнен с использованием свойств материалов с памятью формы.

Следующим этапом развития ТС будет вытеснение человека из сферы управления, но прогнозирование задач до определенного уровня развития останется за человеком.

Можно показать, что представление минимальной модели технической системы (ТС) в виде веполя не противоречит модели ТС, вытекающей из закона полноты частей системы.

3. Закон энергетической проводимости системы (закон ЛИБИХА) ответственен за подвод потоков энергии (Э), вещества (В) и информации (И) ко всем частям системы: *для минимальной работоспособности ТС необходимо и достаточно, чтобы от источника потоков Э, В и И ко всем частям системы проходил хотя бы один из потоков Э, В и И.*

$$\text{ИП}(\mathcal{E}, B, I) \rightarrow T(\mathcal{e}, b, i) \rightarrow PO \Rightarrow OFC \quad (22)$$

Проход потоков **Э, В и И** к частям системы предполагает наличие хотя бы одного управляемого органа, обеспечивающего распределение потоков между всеми частями системы и направление части их к рабочему органу. Несоблюдение этого условия считается нарушением закона энергетической проводимости частей системы и делает систему неработоспособной. Например, на проезжей части автомобиля, велосипедисты и сама проезжая часть образуют временную систему, которая управляется правилами уличного движения. Чтобы она работала и ночью, в ФРГ велосипедисты стали покрывать шины светящимися красками. Теперь поток информации в виде света получает любой участник временной системы. Несоблюдение этого закона приводит к неработоспособности системы в целом или ее частей.

При этом часть потоков система использует для реализации функции цели (работы), а часть - в виде неиспользованной энергии выделяется в окружающую среду.

Для приведения организаций взаимодействующих частей системы в соответствие друг с другом можно предложить небольшой алгоритм.

1. Представить взаимодействующие элементы в виде временной системы, отражающей различные рабочие состояния в течение рабочего цикла.

$$\begin{array}{c} \text{1-е состояние} \quad \text{2-е состояние} \\ \downarrow \quad \downarrow \\ \Pi_1 \quad \Pi_2 \\ \downarrow \quad \downarrow \\ A \rightarrow P \rightarrow A_1 \rightarrow P_1 \rightarrow \dots \rightarrow \Phi\mathcal{C} \end{array} \quad (23)$$

Пример. При движении колеса (О) по рельсам в месте стыка (О₁) происходит сильный удар (Π_{мех}), и, как следствие, постепенное разрушения стыков (R).

$$\begin{array}{c} \Pi_{\text{мех}} \quad \Pi_{\text{мех}} \\ \downarrow \quad \downarrow \\ O \leftrightarrow O_1 \rightarrow O \leftrightarrow O_1^1 \rightarrow R \end{array} \quad (24)$$

Особенность этой задачи в том, что в ней колесо выступает в качестве инструмента, "обрабатывающего" изделие - стык рельсов (О₁). Но стык в свою очередь "обрабатывает" (→) колесо (О), т.е. стык выступает в качестве инструмента (О₁¹), а колесо - изделия (О). В таких случаях, когда инструмент и изделия меняются местами или выступают одновременно в двух ипостасях, неподвижный инструмент-изделие должен адаптироваться к подвижному (как более приспособленному и имеющему более высокую степень организации).

2 Указать какими свойствами или признаками должен обладать элемент А по отношению к элементу Р для эффективного выполнения требований функции цели системы.

- Для этого он должен обладать свойством С₁ и признаками Π₁.

Пример: стык рельсов должен воздействовать на колесо так, чтобы не разрушать его, следовательно, стык должен быть совместим с колесом по форме. Колесо О круглое, оно катится и касается рельса в одной точке, а в месте стыка О₁ - сразу в двух. Следовательно, стык рельсов О₁ должен быть продолжением рельса, тогда колесо будет плавно катиться.

3. Указать какими свойствами должен обладать элемент А по отношению к элементу Р, чтобы выполнить требования задачи.

- Для совместимости или не совместимости А с Р, А должен иметь признаки и свойства вытекающие из требований задачи.

Пример 1: Чтобы колесо не стучало при контакте со стыком, стык должен иметь форму колеса в месте контакта с колесом – с плавной кривизной.

4. Указать какими свойствами или признаками должен обладать элемент А, чтобы соблюдались принципы совместимости А с П₁ и Р.

- Для соблюдения принципов совместимости элемент А должен иметь организацию и свойства такие же или иные, чем у элементов П и Р.

Пример Стык О₁' должен быть в форме колеса, твердым (как О), ровным и неподвижным (как рельс О₁).

5. Составить спектр (от латинск. spectrum - представление, образ) элемента А и описать полученную техническую идею.

Пример: рельс в месте стыка плавно должен переходить в полуокружность и из полуокружности вновь плавно переходить в прямую линию.

Контрольный ответ. Чтобы вагоны не стучали на стыках рельсов и не изнашивались, и не качались по этой причине, изобретатель Ильяшенко А. А. (Ас. № 1266918) предлагает торцы рельсов сделать не плоскими, а волнообразными в горизонтальной плоскости, очерченными по синусоиде. При таком стыке колесо переходит с рельса на рельс плавно, без ударов. Здесь совместили организации состыкованных рельсов и движущегося колеса.

Пример 1: В зимнее время используется огромное количество парников для выращивания овощей и даже фруктов. Однако в солнечные дни в них накапливается тепло и поднимается температура воздуха, что нежелательно для ряда растений. Необходимо проветривать парник, т.е. регулярно следить за температурой и открывать рамы. Это очень неудобно при парниках значительных размеров. Желательно, чтобы парник сам контролировал и регулировал температуру. Как быть?

Итак, у нас имеется рама (О), которая, благодаря действию гравитационного поля (П_{гр}), прижимается к кровле (О₁), т.е. благодаря расположению груза Р₁, который уравнивается грузом Р₂ когда рама прижата к кровле. С другой стороны, мы имеем нагретый воздух (тепловое поле - П_т), который не может поднять раму (О), рис. 2.3.5. Нужно сделать так, чтобы при превышении допустимой температуры рама (О) САМА поворачивалась вокруг своей оси, как показано на рисунке (см. рис. 2.3.6.).

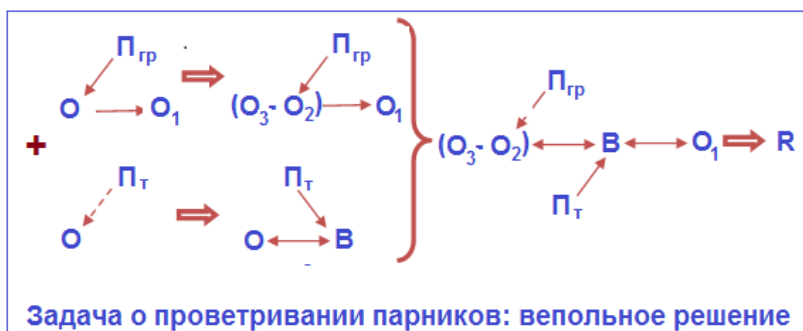


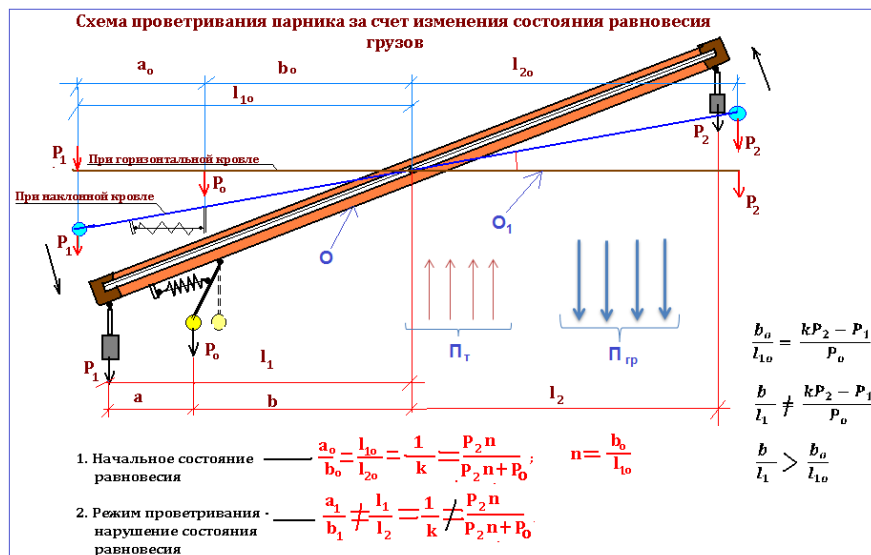
Рис. 2.3.6. Вепольное решение задачи о проветривании парников

Иначе говоря, для решения задачи необходимо нарушить равновесие рамы, чтобы она повернулась вокруг оси. Итак, один веполю с гравитационным полем уже существует. Только в нем рама неподвижна. В соответствии с правилами вепольного анализа разделим вещество (О) на два – О₂ и

О₃, т.е. перейдем к цепному веполю и сделаем одну из его частей подвижной, например, О₂. У нас имеется тепловое поле (П_т) и рама (О₁), на которую тепловое поле практически не действует. Имеем неполный веполю и, в соответствии с правилами вепольного анализа, достраиваем его до полного веполя, введя недостающее вещество

(В), которое и должно нарушить равновесие между грузами Р₁ и Р₂ так, чтобы рама смогла повернуться вокруг своей оси. Из анализа полученной вепольной структуры ясно, что вещество (В) должно реагировать по тепловое поле (П_т) и переместить груз О₂ так, чтобы сместился центр тяжести грузов О₂ и О₃, т.е. Р₁ и Р_о. Лучшим материалом для выполнения заданной функции будет материал с памятью формы, который обеспечит и достаточное усилие перемещение груза Р_о, и значительный рабочий ход.

Теплый воздух, нагревая пружину из материала с памятью



формы, которая сжимаясь, изменит положение груза P_0 и, следовательно, изменит состояние равновесия, рама под действием грузов P_0 и P_1 начнёт поворачиваться вокруг оси и откроет парник, что обеспечит теплом воздуху свободный выход наружу. После охлаждения воздуха пружина (В) также охладится до температуры обратного мартенситного перехода,

Рис. 2.37. Схема проветривания парника

и под действием груза P_0 вновь вернется в исходное положение, вернув раму в исходное положение. В итоге мы получили саморегулирующийся комплексный веполь.

Одним из уникальных сплавов, обладающих памятью формы, является сплав никелида титана ($TiNi$), близкого по составу к эквиатомному. Феноменология эффекта памяти заключается в следующем. Если заготовке из сплава при температуре T_0 выше температуры прямого мартенситного превращения M_n придать какую-либо исходную форму (рис. 1.), а затем охладить ее до температур, обеспечивающих протекание мартенситного превращения, и деформировать ее до придания ей новой формы (участок 0-1), то после нагревания до температуры выше конца обратного мартенситного превращения A_k , заготовка восстанавливает свою исходную форму (участок 0-1-2)¹. При восстановлении исходной формы при наличии усилия сопротивления P_c в образце генерируется реактивное напряжение σ_r равно²:

$$\sigma_r = (1 - \xi)(\sigma_o + \sigma_m \xi) \quad (1)$$

Где σ_o - максимальная величина реактивного напряжения при величине возвращаемой

деформации $\varepsilon = \varepsilon_{nf} = \frac{\Delta L_{nf}}{\Delta L_o} = 0$ в режиме загрузки и при величине возвращаемой деформации в

«холостом» рабочем ходе ε_o ; $\xi = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o}$; σ_m - предел текучести материала, $\sigma_m \approx \frac{\sigma_o}{2}$; ΔL_{nf} -

величина возвращаемой деформации памяти формы при нагревании при наличии усилия сопротивления P_c ; ΔL_o - величина возвращаемой деформации памяти формы при нагревании, но без усилия сопротивления P_c , т.е. величина «холостого» хода.

Эти свойства материала с памятью формы используются в различных силовых устройствах, в которых в качестве рабочего тела используют силовые элементы (СЭ), имеющие соответствующие деформационные силовые характеристики (σ_r и ΔL_{nf}).

Рассмотрим исследовательскую задачу.

Как показали исследования материалов обладающих памятью формы, наиболее эффективная работа силовых элементов находится в интервале $0 < \xi \leq 0,618$, имея наибольшую удельную работоспособность $A_{уд} = A_{max}$ (рис. 9).

Однако в этих устройствах используется, как правило, одна из деформационно-силовых характеристик, которая в заданных условиях может иметь наибольшее значение. Кроме того, незнание некоторых особенностей свойств материала, неумение управлять ими в течение рабочего цикла приводит к его неправильной эксплуатации, проявляющейся в накоплении материалом необратимой пластической деформации не только при длительном его нагружении усилиями, превышающими предел текучести, но и при значительно меньших напряжениях³ (см. рис. 7).

Известно также, что к материалу, подвергнутому неоднократному термотренингу, необходимо прикладывать значительно меньшие усилия $P_p \ll P_c$ т.к. кристаллическая решетка материала приобретает способность ориентированно деформироваться в заданном направлении даже в отсутствии нагрузки P_p в мартенситной фазе (на этапе его охлаждения). При этом сам материал очень плохо поддается механической обработке, особенно пластинчатые силовые элементы (резке, сверлению и т.д.).

Все эти особенности материалов с памятью формы приводят к осторожному их внедрению в промышленность.

Для устранения этих препятствий внедрения сплавов с памятью формы в промышленность, желательно достичь следующего идеального сочетания деформационно-силовых характеристик СЭ: реактивное напряжение $\sigma_r \rightarrow \max$; напряжение деформирования СЭ длиной L в мартенситной фазе $\sigma_p \rightarrow \min$; $\sigma_m - \sigma_m \rightarrow \max$; остаточная пластическая деформация $\varepsilon_{nl} \rightarrow 0$; рабочий ход – возвращаемая деформация $\Delta L_{пф} \rightarrow \max$ и возможность обработки материала обычными средствами.

$$\Delta L_{пф} = \varepsilon_k L \left(1 \pm \sqrt{1 + \frac{2}{\varepsilon_k B F} \left(P_{r \max} - \frac{P_c + P_p^{МП}}{N_{сз}} \right)} \right) \quad (2)$$

где $P_{r \max}$ - максимальное значение реактивного усилия при $\varepsilon = 0$; $\varepsilon_k = -\frac{\varepsilon_o}{2}$; $\frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} = \xi$ -

коэффициент возврата накопленной неупругой деформации; $N_{сз}$ - количество силовых элементов; F - площадь поперечного сечения СЭ;

$P_p^{МП}$ - усилие растяжения мартенситного привода из $N_{сз}$; B - постоянный коэффициент:

$$B = -\frac{\sigma_o - \sigma_m}{\varepsilon_o} = \frac{\sigma_m}{\varepsilon_o}; \quad A = \frac{\sigma_m}{\varepsilon_o^2}; \quad (3)$$

Для решения указанных задач, был использован закон динамизации ТС и *п. а. принципа динамизации*: а) характеристики объекта (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы. Было решено приспособить материал в течение всего термоцикла к тем условиям, которые обеспечат проявление наиболее эффективных в данных условиях деформационно-силовых характеристик:

1. Нагружение СЭ в интервале нагрева до температуры прямого мартенситного превращения до получения максимального реактивного напряжения $\sigma_r \rightarrow \max$.
2. Резкое снятие нагрузки сразу после достижения $\sigma_r \rightarrow \max$ и «взвод» СЭ для нового цикла.

Сброс нагрузки по первой схеме нагружения при $T > A_k$ показал, что он создает условия в материале для полного протекания мартенситных превращений, поэтому величина части пластической деформации, которая ранее превращалась в необратимую, теперь становится обратимой ΔL_o , что видно из рис. 8.

Рис. 8. Зависимость величины рабочего хода ΔL_o .

СЭ от количества термоциклов N в режиме сброса нагрузки.

Величина полного рабочего хода будет составлять:

$$\Delta L'_э = \Delta L_{пф} + \Delta L'_o \quad (4)$$

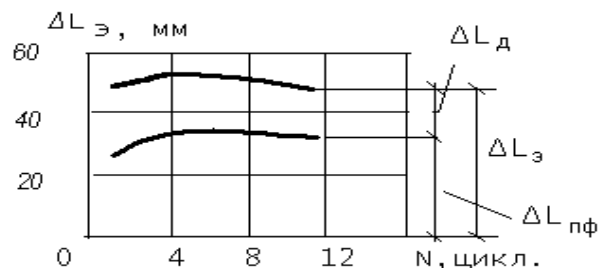
где $\Delta L_{пф}$ - величина рабочего хода СЭ или возвращаемой части абсолютной величины деформации $\varepsilon_{пф}$ при мартенситных превращениях; $\Delta L'_o$ - часть величины пластической деформации, возвращаемой СЭ после сброса нагрузки.

При этом самыми оптимальными условиям, удовлетворяющих требованиям решаемой задачи, является интервал значений относительной деформации, находящихся в пределах «золотого сечения», т.е. при условии достижения максимальной удельной работоспособности $A_{уд}$ материала СЭ (см. рис. 9).

Удельная работоспособность $A_{уд}$ отражает способность материала совершать полезную работу, отнесенную на единицу объема материала СЭ⁴. Удельная работоспособность зависит от ε_o , σ_o ,

$\sigma_p \leq \sigma_m$ и σ_m^4 , т.е.

$$\begin{aligned} A_{уд} &= 2\varepsilon_c \sigma_r \left(1 - \frac{\sigma_r}{\sigma_o} \right) - \sigma_p \varepsilon = \\ &= 4A_o \frac{\sigma_r}{\sigma_o} \left(1 - \frac{\sigma_r}{\sigma_o} \right) - \sigma_p \varepsilon \end{aligned} \quad (5)$$



⁴Кондраков И.М. там же. С. 16.

$$\text{где } A_o = \sigma_c \varepsilon_c = \frac{\varepsilon_c}{2} \sigma_o$$

Наибольшая работоспособность материалы силовых элементов (см. рис. 10) достигается при $A_{y\partial} = A_o$, т.е. при $\sigma_r = \sigma_m$.

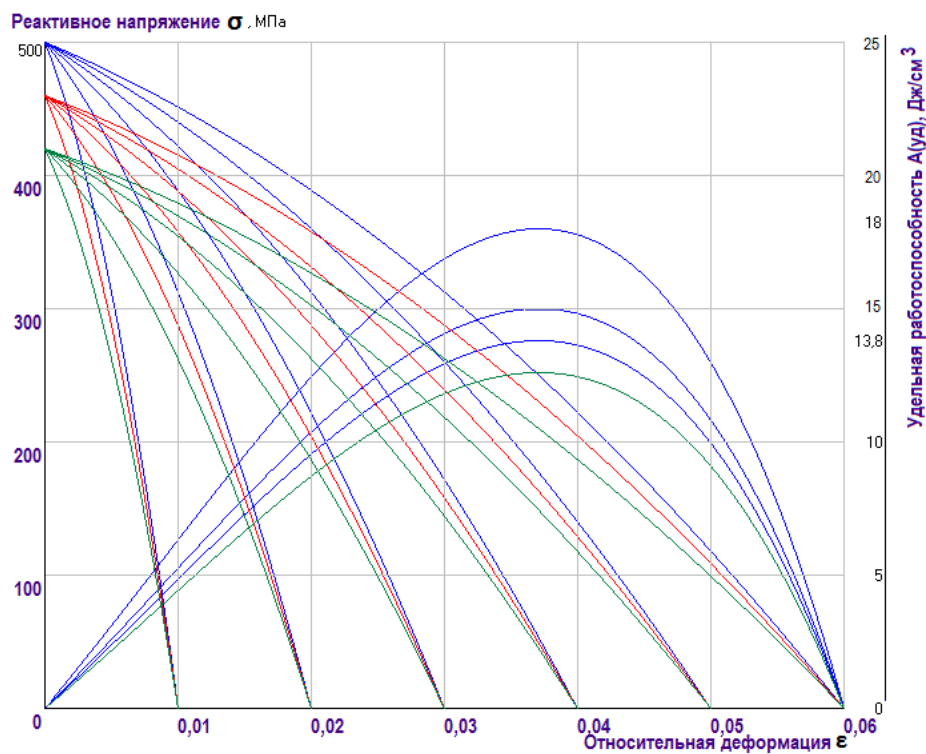


Рис. 9. Теоретические кривые зависимости $\sigma = F(\varepsilon)$ и $A_{уд} = f(\varepsilon)$ при $\sigma_t = 210$ МПа; 230 МПа; 250 МПа

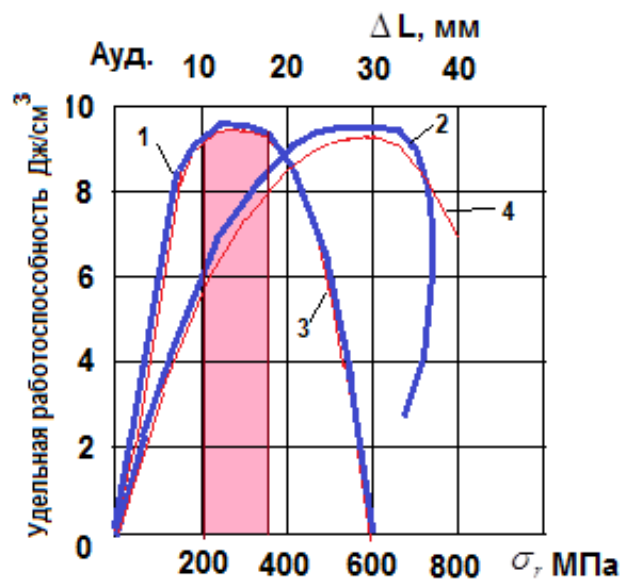


Рис. 10. Зависимость $A_{уд}$ от $\sigma_r(1)$ и $\Delta L(2)$, при $\varepsilon_o = 6,11\%$, и ΔL и $\varepsilon_c = 0,618\varepsilon_o$
1, 2 - — экспериментальные кривые; 3, 4 - — теоретические кривые.

Таким образом, учет законов динамизации систем позволил решить очень важную для теории и практики задачу.

Приведенные закономерности характерны для развития любой системы, в т.ч. и научной, например, развития представлений об атоме.⁵

Теперь мы знаем, что, степень изменения системы, т.е. её динамизация зависит от глубины проникновения претензии (воздействия) в систему. Но иногда система использует "хитрые" приемы: уходит от претензий, чтобы разрушить их или не быть отзывчивым на них, т.е. не быть совместимой с ними. В этом случае можно наблюдать проявление другого механизма – антидинамизации.

2.3.4. ЗАКОНЫ АДАПТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1. Закон адаптации искусственной системы к окружающей среде: для обеспечения выполнения функции цели (ФЦ) данной искусственной системы (ИС) при взаимодействии с другой искусственной системой или окружающей средой, она должна быть совместима со взаимодействующей с ней системой или окружающей средой хотя бы посредством какого-нибудь свойства (или организации), обеспечивающего выполнение ФЦ во времени и пространстве.

Законы первой группы не зависят от человека, но они отражают объективную связь между элементами системы или взаимодействующих систем. Чтобы система с минимальными затратами выполняла ФЦ, она должна быть адаптированной к взаимодействующей с ней окружающей среде (природной или технической).

$$\begin{array}{c} \sim O \rightarrow \sim И \\ \uparrow \quad \quad \downarrow \end{array} \quad (25)$$

Где **И** - совершенствуемый, исследуемый или обрабатываемый объект; **О** - искусственное средство, служащее для "обработки" объекта **И**.

Здесь в качестве управляющего органа уже "новой" системы, включающей **И** - совершенствуемый объект и **О** - искусственное средство, являются элементы их организаций, которые в процессе адаптации друг другу начинают выступать в качестве самоорганизующего (синергетического) начала. Лемех врежется в землю на столько, на сколько позволяет сделать это земля. Резец врежется в обрабатываемую деталь на столько, на сколько это неопасно для резца (т.е. насколько позволяют физико-механические свойства материала детали и самого резца).

Развивая **ИС**, человек стремится приспособить ее к окружающей среде так, чтобы она максимально использовала свойства среды, проходящие через нее потоки Э,В,И и, в итоге, не зависела от нее, а наоборот - управляла бы ею. К этому ведет и тенденция на вычерпывание ресурсов развития системы.

Адаптация осуществляется путем динамизации системы в том месте, куда проникает и попадает претензия **ОС** (воздействие на систему). Одним из главных механизмов адаптации систем является динамизация систем.

По общему определению **динамизация** - это приспособление (адаптация) системы к меняющейся взаимодействующей с ней окружающей среде (**ОС**) путем увеличения степени её подвижности или подвижности её элементов.

Встречаясь с первыми претензиями, система как бы "ломается" на части, соединяемые затем подвижными или гибкими связями. Вначале она поддается и приспособливается к силе окружающей среды. Затем, используя ее силу, направляет эту силу против самой же среды. Наконец, "ломает" саму среду, изменяя ее так, как это нужно системе или человеку. В противном случае она не проходит отбор, производимый человеком, тогда остается одно - занимать узкую "нишу" в техносфере или "погибает", не успев развернуться в сложную систему и дать многообразие своему виду

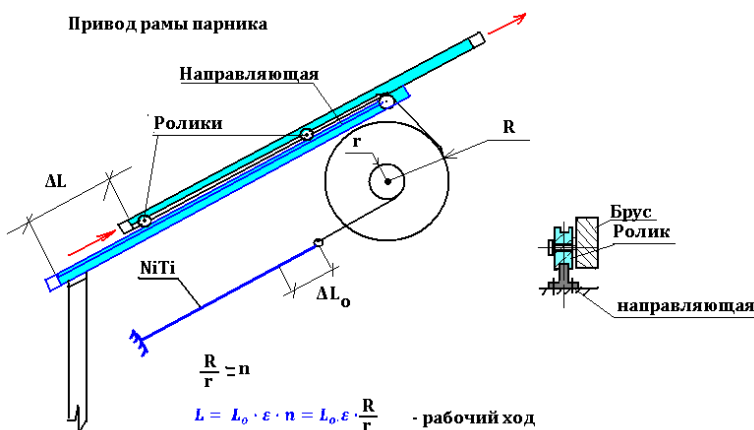
⁵ Кондраков И.М. Концепция истории развития научных и технических систем . Современныепроблемы вузовской науки: методология-строительство-естествознание-информационные технологии-экономика и бухучет-педагогика-наследие и мировоззрение». Сб. научн. Докл. № 14 XIV-ой Ежегодной научно-практ.конф.. Изд-во СКФ БГТУ им. В.Г.Шухова. 2011. - с. 216-229, ISBN 978-5-903213-24-5; Кондраков И.М. Пятая революция в науке. <http://www.levashov.info/Articles/Revolution-5.html>

Методы устранения пластических деформаций при термоциклировании силовых элементов.

Одним из уникальных сплавов, обладающих памятью формы, является сплав никелида титана (*TiNi*), близкого по составу к эквиаtomному. Феноменология эффекта памяти заключается в следующем. Если заготовке из сплава при температуре T_0 выше температуры прямого мартенситного превращения M_n придать какую-либо исходную форму (рис. 1), а затем охладить ее до температур, обеспечивающих протекание мартенситного превращения, и деформировать ее до придания ей новой формы (участок 0-1), то после нагревания до температуры выше конца обратного мартенситного превращения A_c , заготовка восстанавливает свою исходную форму (участок 0-1-2)[1]. При восстановлении исходной формы при наличии усилия сопротивления P_c в образце генерируется реактивное напряжение σ_r , равное [2]:

$$\sigma_r = (1 - \xi)(\sigma_o + \sigma_m \xi) \quad (1)$$

Где σ_o - максимальная величина реактивного напряжения при величине возвращаемой деформации $\varepsilon = \varepsilon_{n\phi} = \frac{\Delta L_{n\phi}}{\Delta L_o} = 0$ в режиме загрузки и при величине возвращаемой деформации в «холостом» рабочем ходе ε_o ; $\xi = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o}$; σ_m - предел текучести материала, $\sigma_m \approx \frac{\sigma_o}{2}$; $\Delta L_{n\phi}$ - величина возвращаемой деформации памяти формы при нагревании при наличии усилия сопротивления P_c ; ΔL_o - величина возвращаемой деформации памяти формы при нагревании, но без усилия сопротивления P_c , т.е. величина «холостого» хода.



В соответствии с законом последовательного вычерпывания ресурсов развития, адаптация идет по трем направлениям: **на уровне системы, переходом в надсистему и в подсистему** (на уровень вещества, его структур и поля). Причем динамизация систем проходит три условных этапа: **пассивную** (когда между взаимодействующие элементы «уравновешивают» друг друга – обычная дверь на петлях) динамизацию,

Рис. 2.3.6. Схема проветривания парника

активную (когда искусственная система или её элементы используют потоки Э, В и И взаимодействующей с ней системы для выполнения своей ГПФ – см, рисунок привода парника) и **агрессивную** (когда искусственная система для достижения своей ГПФ разрушает взаимодействующую с ней систему, часто используя её потоки Э, В и И - работа отбойного молотка). Фактически они отражают механизмы адаптации систем к соответствующим условиям функционирования системы. При этом параллельно с динамизацией систем идет и противоположный процесс – **антидинамизация**: система становится «жесткой» на одном этапе функционирования или одном системном уровне, но на других этапах функционирования или системных уровнях -

гибкой, обеспечивая жизнеспособную адаптацию системы к окружающей среде. Например, складной нож: введение шарнира между лезвием и ручкой обеспечивает его безопасность и мобильность, но требует введения жесткой связи после фиксации ножа в рабочем положении, иначе его подвижность обернется для него потерей ряда полезных функций.

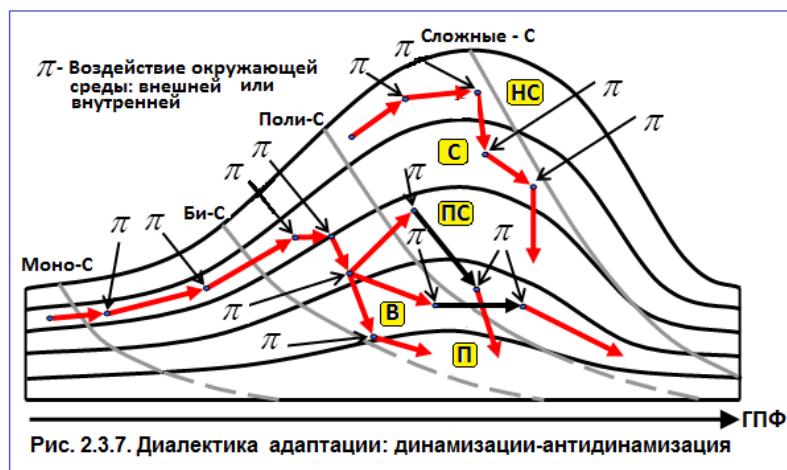
2. Закон увеличения степени вепольности: Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности.

Смысл этого закона заключается в том, что невепольные системы стремятся стать вепольными, а в вепольных системах развитие идет в направлении перехода от механических полей к электромагнитным; увеличения степени дисперсности веществ, числа связей между элементами и отзывчивости системы. Сами веполи разворачиваются аналогично

вышеприведенным закономерностям и тенденциям (см. главу 2.3.4.).

Многочисленные примеры, иллюстрирующие этот закон, уже встречались при решении задач.

В особую группу можно выделить общесистемные законы, которые проявляются в процессе всего эволюционного цикла системы. Это закон увеличения степени идеальности системы и закон



неравномерности развития частей системы.

1. Закон увеличения степени идеальности системы: Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.⁶

Это относится к любой системе в течение её эволюционного цикла развития: при разворачивании системы и её сворачивания. При этом проявляется вторая часть закона: усложнение организации системы. Противоречие разрешается между системой – её, так называемой оперативной частью, где система «упрощается» и надсистемой, где обслуживающая её часть – **усложняется**.

Идеальная техническая система — это система, вес, объем и площадь которой стремятся к нулю, хотя ее способность выполнять работу при этом не уменьшается. Иначе говоря, идеальная система — это когда системы нет, а функция ее сохраняется и выполняется⁷.

Несмотря на очевидность понятия «идеальная техническая система», существует определенный парадокс: реальные системы становятся все более крупноразмерными и тяжелыми. Увеличиваются размеры и вес самолетов, танкеров, автомобилей и т.д. Парадокс этот объясняется тем, что высвобожденные при совершенствовании системы резервы направляются на увеличение ее размеров и, главное, повышение рабочих параметров. Первые автомобили имели скорость 15–20 км/ч. Если бы эта скорость не увеличивалась, постепенно появились бы автомобили, намного более легкие и компактные с той же прочностью и комфортабельностью. Однако каждое усовершенствование в автомобиле (использование более прочных материалов, повышение к.п.д. двигателя и т.д.) направлялось на увеличение скорости автомобиля и того, что «обслуживает» эту скорость (мощная тормозная система, прочный кузов, усиленная амортизация). Чтобы наглядно увидеть возрастание степени идеальности автомобиля, надо сравнить современный автомобиль со старым рекордным автомобилем, имевшим ту же скорость (на той же дистанции) или количество функций, приходящихся на единицу его объема или площади..

Видимый вторичный процесс (рост скорости, мощностей, тоннажа и т.д.) маскирует первичный процесс увеличения степени идеальности технической системы. Но при решении

⁶ Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. М.: Сов.радио, - 1979.- Кибернетика. С.125.

⁷ Альтшуллер Г.С. Там же.

изобретательских задач необходимо ориентироваться именно на увеличение степени идеальности — это надежный критерий для корректировки задачи и оценки полученного ответа.

Техническая система в своём развитии приближается к идеальности. Достигнув идеала, система должна исчезнуть, а её функция продолжать выполняться. При этом системы, выполняющие одинаковые функции, сворачиваются в тут из них систему, которая имеет более высокий уровень организации.

Основные пути приближения к идеалу:

- повышение количества выполняемых функций,
- «сворачивание» в рабочий орган,
- переход в надсистему.

При приближении к идеалу техническая система вначале борется с силами природы, затем приспосабливается к ним и, наконец, использует их для своих целей (см. адаптацию системы).

Закон увеличения идеальности наиболее эффективно применяется к тому элементу, который непосредственно расположен в зоне возникновения конфликта или сам порождает нежелательные явления. При этом повышение степени идеальности, как правило, осуществляется применением незадействованных ранее ресурсов (веществ, полей), имеющихся в зоне возникновения задачи. Чем дальше от зоны

возникновения конфликта будут взяты ресурсы, тем в меньшей степени удастся продвинуться к идеалу.

Эволюцию множества систем можно изобразить логистической кривой, показывающей, как меняются во времени темпы её развития. Здесь также проявляются три характерных этапа:

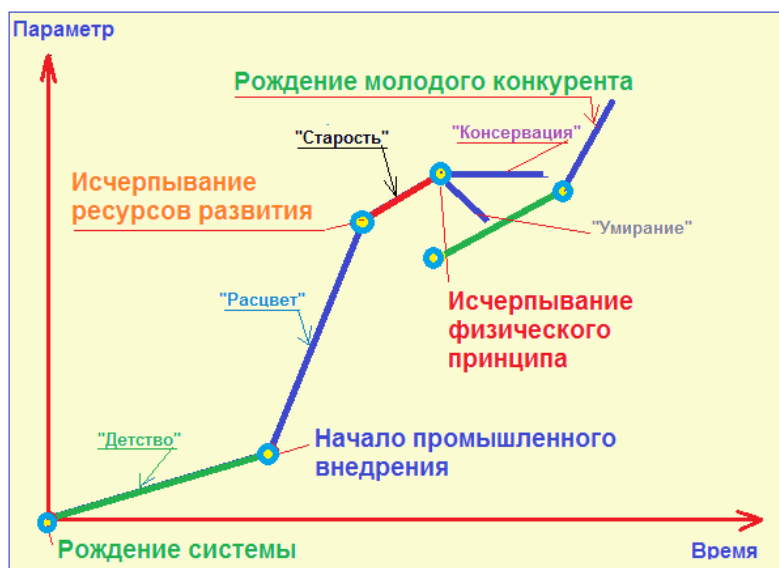
1. **«рождение системы»** и **«детство»** - то, что мы называем **синтезом системы**. Идёт, как правило, достаточно долго. В этот момент идёт поиск состава и структуры системы, её проектирование, её доработка, изготовление опытного образца, подготовка к серийному выпуску.

2. **«расцвет»**, охватывающий этап адаптации системы до появления сбоев системы и начала сворачивания надсистемы. Она бурно совершенствуется, становится всё более мощной и производительной. Машина выпускается серийно, её качество улучшается и спрос на неё растёт.

3. **«старость»** - **сворачивание системы** при истощении ресурсов её развития. С какого-то момента улучшать систему становится всё труднее. Уже не помогают даже крупные увеличения ассигнований на развитие системы. Принцип, заложенный в основу системы, полностью себя истощает на физическом уровне. Возникает противоречие между возможностями системы и потребностями человека. Система пробуксовывает, топчется на месте, меняет свои внешние очертания, но остаётся такой, какая есть, со всеми своими недостатками. Кроме того, если в этот момент попытаться искусственно увеличивать количественные показатели системы или развивать её габариты, оставляя прежний принцип, то сама система вступает в конфликт с окружающей средой и человеком, нанося тем самым больше вреда, чем пользы последним.

В качестве примера рассмотрим паровоз⁸. Вначале был достаточно долгий экспериментальный этап с единичными несовершенными экземплярами, внедрение которых вдобавок сопровождалось сопротивлением общества. Затем последовало бурное развитие термодинамики, совершенствование паровых машин, железных дорог, сервиса — и паровоз получает публичное признание и инвестиции в дальнейшее развитие. Затем, несмотря на активное финансирование, произошёл выход на природные ограничения: предельный тепловой КПД, конфликт с окружающей средой, неспособность увеличивать мощность без увеличения массы — и, как следствие, в области начался технологический застой. И, наконец, произошло вытеснение паровозов более экономичными и мощными [тепловозами](#), и [электровозами](#). [Паровой двигатель](#) достиг своего идеала — и исчез. Его функции взяли на себя [ДВС](#) и [электромоторы](#) — тоже

⁸ История развития паровоза.



вначале несовершенные, затем бурно развивающиеся и, наконец, упирающиеся в развитии в свои природные пределы. Затем появится другая новая система — и так бесконечно.

Закон увеличения степени идеальности систем проявляется как часть более сложного процесса эволюции системы - через увеличение сложности, организации и идеализации искусственных систем; в процессе развития системы усложняются и идеализируются, повышая степень своей организации в оперативной зоне, выполняя при этом все большее количество функций без увеличения массы, габаритов и потребляемой энергии на каждую функцию, увеличивая последние в надсистеме.

Наиболее рациональные пути развития **ИС** без снижения значения её **ФЦ**, с одновременной идеализацией, заключается в развитии **ИС** по линиям:

- увеличения сложности организации с одновременной идеализацией ее структуры, связей и ее элементов, а также путем объединения однородных систем с одинаковыми и разными функциями с последующей передачей одинаковых функций тем частям системы, которые имеют более высокую организацию, вплоть до свертывания системы до C_v или передачей функций идеальному веществу B_i , т.е. по линиям:

$$C + C_1 \rightarrow C + C_1 + C_2 + C_3 + \dots \rightarrow \text{Сложные} - C \rightarrow C_v \rightarrow \text{ФЦ}$$

$$C \rightarrow \text{би-}C \rightarrow \text{Поли-}C \rightarrow \text{Сложные-}C \rightarrow$$

$$\text{Var-би-}C \rightarrow \text{Var-поли-}C \rightarrow \text{Var-сложные-}C \rightarrow$$

$$C_{x\text{var-}C} \rightarrow \text{Би-}C_{x\text{var-}C} \rightarrow \text{Поли-}C_{x\text{var-}C} \rightarrow \dots \rightarrow B_i$$

Здесь - var - изменяемый элемент.

- переходы на более высокий уровень иерархии систем в качестве подсистемы более сложной системы с адаптацией к организации системы хозяина без изменения принципа работы.

$$C \rightarrow C_1(C) \rightarrow C_2(C) \rightarrow \text{НС} \rightarrow \dots$$

$$\text{Var-би-}B \rightarrow \text{Var-поли-}B \rightarrow \text{Var-сложные-}B \rightarrow$$

$$\text{Var-би-}C \rightarrow \text{Var-поли-}C \rightarrow \text{Var-сложные-}C \rightarrow$$

Пример 1:

- использование свойств вещества на всех уровнях организации вещества, из которых состоят элементы системы или иных элементов обладающих свойствами, обеспечивающими выполнение заданной ГПФ системы с последующим переходом системы на более высокий уровень иерархии системы или техносферы.

$$C \rightarrow B(C) \rightarrow B_1(B) \rightarrow B_2(B_1) \rightarrow \dots \rightarrow \Pi$$

$$\Pi \rightarrow B(\Pi) \rightarrow B'(B) \rightarrow B''(B') \rightarrow \text{ПС} \rightarrow C \rightarrow \text{НС} \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow \text{би-}B \rightarrow \text{Поли-}B \rightarrow \text{Сложные-}B \rightarrow B'$$

$$B \times \text{не-}B \rightarrow \text{би-}B \times \text{не-би-}B \rightarrow \text{Поли-}B \times \text{не-поли-}B \rightarrow \dots$$

Пример 2:

Механизм идеализации искусственных систем

В процессе усложнения организации идеальных искусственных систем происходит расширение их функциональных возможностей. В этот период идет поиск новых полезных подсистем - как отклик на претензии ОС - и совмещение их функций в одной функциональной структуре

Совмещение элементов системы (С, ПС, В, П) возможно тогда, когда они выполняют сходные, одинаковые, подобные функции или имеют совместимые свойства, организации, признаки. Например, нож имеет свойство резать, а гвоздь - свойство царапать. При их объединении можно получить пилу. Или, если вспомнить пример с "Венерой-12".

Центровочный груз - обычная "болванка", имеющая вес 6 кг и служащая только для ориентации станции "Венеры-12" в космическом пространстве. Прибор служит только для исследовательских целей. И у груза, и у прибора имеются общие признаки - масса и они представлены в виде вещества, следовательно, у них есть общее свойство - взаимодействовать с гравитационным полем, ориентируясь вдоль силовых линий. Вес прибора и груза совпадают.

Следовательно, они оба могут выполнять функцию центровочного груза, но прибора (для проведения измерений) - только сам прибор, т.к. он имеет более высокую степень организации, поэтому он принимает на себя дополнительную функцию центровочного груза, т.е. полнее используется спектр свойств прибора.

Таким образом, **идеализация искусственных систем** - это процесс их усложнения с целью повышения уровня организации для выполнения заданного спектра функций. Этот процесс наиболее интенсивно идет на этапе "свертывания" систем путем передачи ряда функций, а в идеале всех, веществу, максимально используя спектр его свойств. Этот процесс связан со стремлением повышать ОФЦ совершенствуемой системы и вычерпыванием путей решения этой проблемы. Вычерпывание ресурсов развития оставляет возможность развития системы только за счет повышения ее сложности (связанной с поиском дополнительных полезных функций), а требование получения высокого значения ОФЦ - к повышению степени организации системы, что выглядит как процесс идеализации путем совмещения разных функций в одной системе за счет использования ее скрытых и явных свойств.

- Здесь действует следующий принцип: *при совмещении элементов всегда сохраняются основная функция цели и основная функция совмещаемого элемента, а сам элемент заменяется на второй, с более высокой степенью организации, функциональными возможностями и значением функции цели* (например, к.п.д., скоростью, производительностью и т.д.). Например, «лошадь» с повозкой = повозка + двигатель внутреннего сгорания (ДВС) = автомобиль. Функция лошади сохраняется, а сама она заменяется на ДВС, как более организованную систему для выполнения функций транспортного средства: ДВС управляем, топливо сосредоточено в одном месте - в баке, не требует специального помещения для содержания - достаточно капота автомобиля; имеет большие рабочие ресурсы и т.д.

- Возможны два частных случая при совмещении элементов:

- *при одинаковом уровне их организаций, сохраняемый элемент выполняет функции - свою прежнюю и устраняемого элемента,*

Например, два блока могут быть заменены одним (пример о приборе для получения капель одинакового размера). Или: при объединении двух винтовок имеется два приклада и одна пара рук - посредством которых происходит взаимодействие с винтовкой. Следовательно, необходимо сохранить только один приклад, чтобы было соответствие между руками и прикладом, был более короткий путь передачи энергии от указательного пальца до спускового крючка по всей цепочке, а также в системе не было бы элементов с одинаковой организацией и дублирующей функцией.

- *при разных организациях сохраняется тот, который имеет более высокую степень организации или элемент с низкой организацией, но его уровень повышается за счет введения дополнительных элементов, выполняющих функции устраняемого элемента*

Например, электроавтомобиль, в котором вводится новый двигатель, работающий от энергии запасаемой в конденсаторе большой емкости, и сохраняется старый - ДВС - для трогания автомобиля с места.