

СИСТЕМНЫЙ ЭФФЕКТ И РЕАЛЬНОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ

© Игорь Георгиевич Девойно
Минск, 2001.

Системный эффект - ситуация появления нового свойства для системы, компоненты которой этим свойством не обладают.

Изучение внутренних механизмов появления системных эффектов может помочь лучше понять процессы эволюции и самоорганизации систем. Ведь эти процессы можно рассматривать как последовательное появление новых свойств и явлений, ни одному из компонентов системы не присущих.

В настоящей работе рассматривается один из механизмов появления системных эффектов.

Реальные физические противоречия, системный эффект.

В работах [1, 2] рассматривается методология проведения научно-исследовательской деятельности, основанная на "универсальном принципе симметрии-диссимметрии". Также высказано утверждение, что многие явления (эффекты) реализуются из-за разности параметров, характеризующих движущую силу. Однако можно утверждать, что диссимметрия является необходимым, но недостаточным условием для появления нового эффекта.

Вторым необходимым условием является наличие **реального физического противоречия** [3]. Мысленно смоделируем ситуацию. На некотором основании закреплены вертикально две пластины А и В из материалов с различным коэффициентом теплового расширения (рис.1).

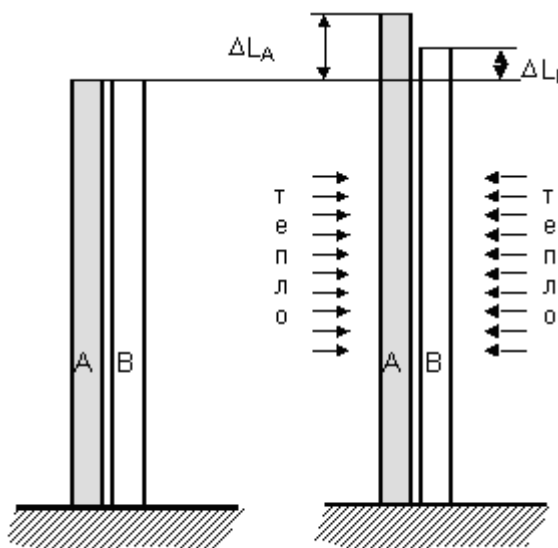


Рис. 1. Нагревание несвязанных пластин

Пусть происходит нагревание этих пластин. При повышении температуры длина пластин

увеличивается. Естественно, что изменение длины для пластин будет отличаться (ΔL_A ΔL_B) Однако никаких новых явлений при этом не обнаруживается. Диссиметрия есть (различные коэффициенты теплового расширения и различные удлинения пластин) - новых эффектов нет.

Теперь проведем еще один мысленный эксперимент. Условия его те же самые, что и в первом эксперименте. Единственное отличие состоит в том, что пластины А и В скреплены, образуя всем известную биметаллическую пластину (рис.2).

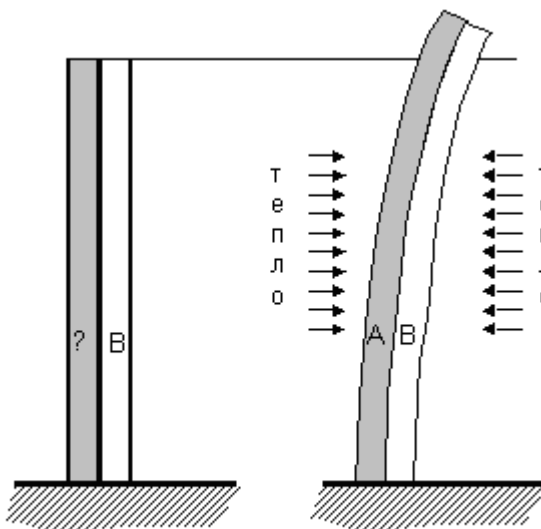


Рис. 2. Нагревание связанных пластин - биметаллической пластины

При нагревании такой пластины, как известно, происходит ее изгиб. То есть проявился новый системный эффект (новое свойство), которое не наблюдалось в первом эксперименте.

В чем причина появления нового системного эффекта? Она заключается в наличии во втором эксперименте реального физического противоречия.

Реальное физическое противоречие (РФП) - ситуация, при которой реальный физический объект (или его часть) должен одновременно находиться в двух противоречивых состояниях.

Отличие реального физического противоречия от просто физического противоречия (ФП), применяемого при решении задач по АРИЗ, заключается в следующем.

ФП - это ситуация, при которой к некоторой области пространства предъявляются противоречивые требования. При этом реально (физически) только одно из них существует, а другое - только декларируется, для того чтобы обеспечить требуемое состояние рассматриваемой технической системы. То есть одно из условий физического противоречия является сконструированным (придуманным, декларируемым), но реально в технической системе не присутствующим.

РФП - это ситуация, при которой в некоторой области пространства реально существуют оба противоречивых требования. В результате эта область пространства преобразуется, стремясь удовлетворить обоим противоречивым требованиям, что и является причиной

появления системного эффекта или нового свойства [3].

По сути дела системный эффект - есть способ разрешения реального физического противоречия.

Во втором эксперименте РФП выглядело следующим образом (рис.3).

Материал биметаллической пластины в зоне соединения должен быть реально удлинен на большую величину ΔL_A (так как он связан с пластиной А) и должен быть удлинен на маленькую величину ΔL_B (так как он связан с пластиной В).

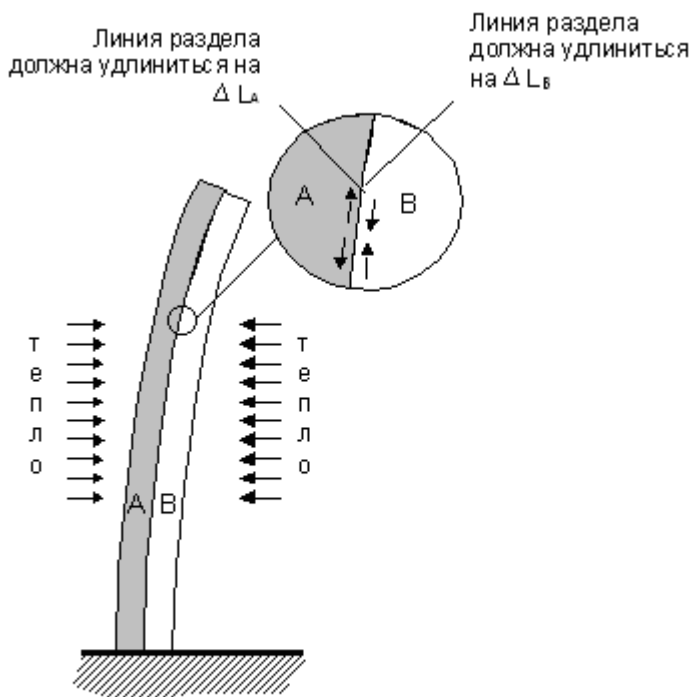


Рис.3. Реальное физическое противоречие

Или более коротко:

зона соединения пластин должна одновременно удлиниться на различную длину (ΔL_A ΔL_B). В результате зона контакта изгибается, образуя новый системный эффект и разрешая реальное физическое противоречие.

Отчего зависит вид системного эффекта? Может ли одно РФП разрешаться различными способами?

РФП может разрешаться несколькими способами или более точно несколькими сценариями, которые образуют дерево возможных событий (рис.4).

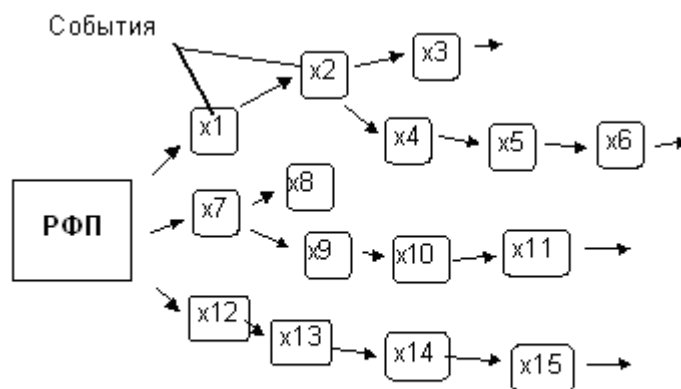


Рис. 4. Разрешение реального физического противоречия

Эти события представляют собой причинно-следственные цепочки.

При наличии РФП разрешение его происходит по тем веткам дерева возможных событий, на выполнение которого затрачивается минимальное количество энергии.

Можно предположить, что системный эффект W является функцией от нескольких показателей:

$$W = f(E, S, P, dC/dE),$$

где E - энергия в зоне противоречивых требований;
 S - структурная организация зоны противоречия;
 P - совокупность свойств зоны противоречия;
 C - параметр, отражающий конфликтующее свойство;
 dC/dE - интенсивность изменения противоречивого состояния, в зоне противоречия.

Величина энергии E определяет интенсивность проявления системного эффекта и влияет на количество событий, реализуемых при разрешении физического противоречия: чем больше величина энергии, тем большее число событий в причинно-следственной может быть реализовано.

Структурная организация S зоны технического противоречия определяет фактически количество степеней свободы для данной ТС, то есть число разветвлений на дереве возможных событий.

Свойства P зоны противоречия определяют последовательности событий в причинно-следственных цепочках.

Интенсивность изменения противоречивого состояния, в зоне противоречия. dC/dE определяет интенсивность проявления системного эффекта. Чем сильнее возрастает различие противоречивых требований dC в зоне РФП при изменении энергии dE , тем интенсивней проявляется системный эффект.

Нужно отметить, что все показатели зависят и друг от друга.

Для того, чтобы было более понятно, вернемся к примеру о биметаллических пластинах.

На рис. 5 представлен небольшой фрагмент дерева возможных событий для РФП в биметаллической пластине.

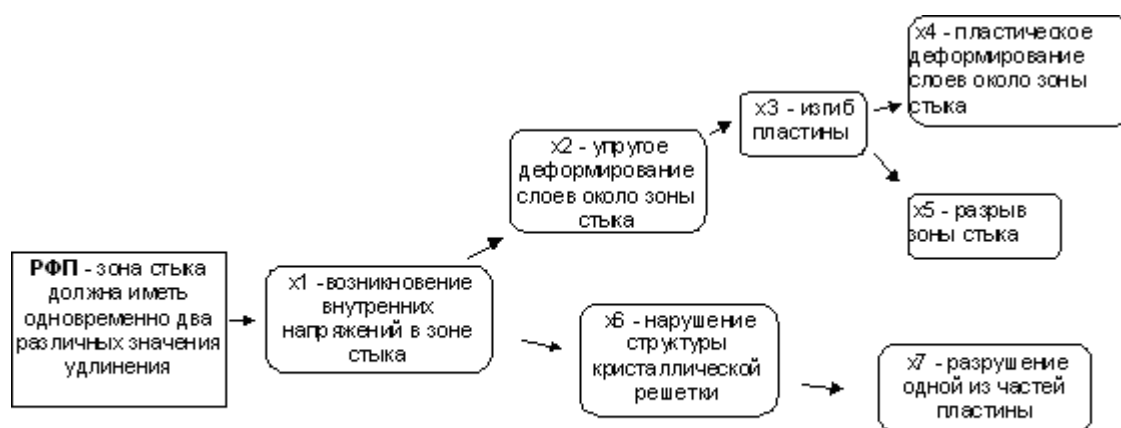


Рис.5. Фрагмент дерева возможных событий для РФП биметаллической пластины

Событие x1 - возникновение внутренних напряжений в зоне стыка. В зависимости от физических свойств материалов, образующих биметаллическую пластину, при дальнейшем увеличении количества энергии в зоне развитие может происходить, например, по двум сценариям.

Если вещества достаточно пластичные, то далее следует упругое деформирование пластины (x2) и ее изгиб (x3). При дальнейшем нарастании энергии может произойти либо переход от упругих деформаций материала к пластическим (x4) либо разрыв зоны стыка (x5).

Если вещества в биметаллической пластине достаточно хрупкие, то изгиба не происходит, а следует нарушение структуры кристаллической решетки (x6), например, выражающейся в росте числа дислокаций. Далее при увеличении количества энергии в зоне стыка пластин (зоне противоречия) следует возникновение микро и макротрещин, и разрушение одной из частей биметаллической пластины (x7).

как уже говорилось, величина системного эффекта для биметаллической пластины, зависит от того, насколько сильно изменяется различие в удлинениях ее отдельных частей (dL) при элементарном изменении подводимой теплоты (dE).

Конечно, полное дерево возможных событий имеет большее число ветвей и большее число самих событий.

Важным свойством системного эффекта является то, что:
вид системного эффекта определяется только видом реального физического противоречия, а не причинами, которые вызвали его.

Так, для изгиба биметаллической пластины неважно, вызваны ли различные величины удлинения пластин тепловым расширением, магнитострикцией или пьезоэлектрическими явлениями. Более того, возможно изменение длины одной части биметаллической пластины за счет одного физического действия (например, магнитострикцией), а другой - за счет действия другой физической природы (например, пьезоэлектрическим эффектом). В любом случае дерево возможных событий будет одинаково.

Другими примерами появления системного эффекта при разрешении РФП могут служить:

- эффект образования кумулятивных струй - есть зона пространства, в которой поток жидкости или газа должен двигаться одновременно в нескольких различных направлениях;
- эффект Зеебека - зона контакта различных металлов должна иметь различное количество электронов, так как она разделяет зоны с разной концентрацией электронов (разрешением реального физического противоречия является появление электрического тока);
- эффект Пельтье;
- эффект Томсона и пр.

Из сказанного выше не следует делать вывод о том, что зоны где действуют реальные физические противоречия, обязательно представляют собой поверхность. Зоной проявления противоречивых требований может быть и точка, и линия, и поверхность, и объем. Все зависит от конкретных условий, конкретных противоречивых свойств.

Распределенные зоны РФП

В рассмотренном выше примере о биметаллической пластине зона противоречия представляла собой плоскость. С одной стороны этой плоскости располагался материал А с одним коэффициентом теплового расширения, с другой - материал В с меньшим коэффициентом теплового расширения. То есть свойства материала изменялись дискретным скачком (рис.6).



Рис. 6. Дискретное изменение свойств

Именно благодаря тому, что линия раздела частей биметаллической пластины принадлежит обоим частям в ней и происходит проявление системного эффекта. А теперь рассмотрим ситуацию, при которой свойства объекта изменяются не скачком, а плавно, то есть имеется градиент свойств. Придерживаясь примера о биметаллической пластине, это может быть пластина из сплава, у которого коэффициент линейного расширения меняется вдоль оси X (рис.7).

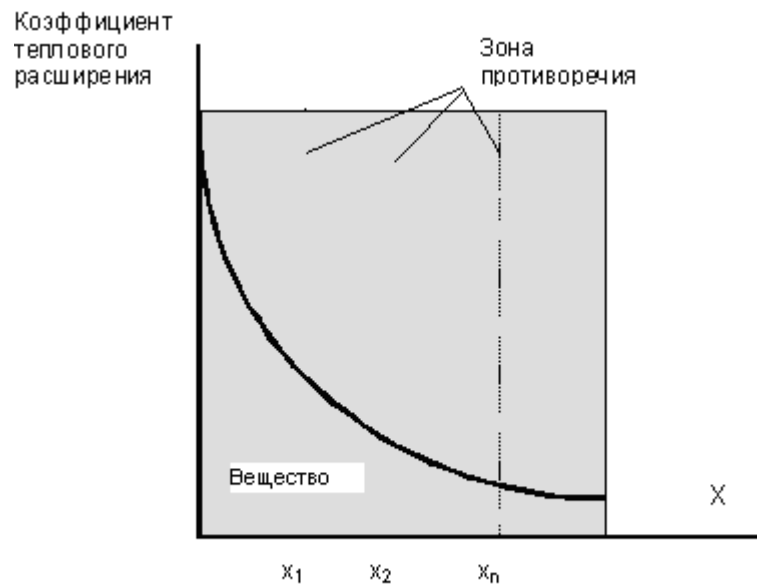


Рис.7. Плавное изменение свойств объекта

В этом случае имеет место распределенное реальное физическое противоречие. В любом вертикальном сечении ($x_1, x_2 \dots x_n$) действует сформулированное ранее противоречие: каждое из сечений должно одновременно удлиняться на разную величину, так как правее него лежит материал с меньшим коэффициентом линейного расширения, а левее с большим. Естественно, что в такой пластине также будет проявляться системный эффект. Интенсивность проявления системного эффекта пропорциональна величине градиента свойств. Максимальный градиент свойств (максимальное обострение противоречия) имеет место в ранее рассмотренном случае - дискретном скачке свойств.

Цепочки системных эффектов

Физические явления образуют причинно-следственные цепочки. То есть выходное действие первого физического явления может быть причиной второго; выходное действие второго - причиной третьего и т. д. В этой связи возможны ситуации, когда разрешение одного РФП - системный эффект - является причиной проявления новых системных эффектов. Это происходит в том случае, когда при проявлении системного эффекта образуются такие причинно-следственные цепочки, отдельные звенья которых образуют РФП.

В ситуации с биметаллической пластиной материал пластин по обе стороны зоны контакта испытывает деформацию: одна пластина - растяжение, а другая - сжатие. Так как многие физические характеристики, зависят от деформации, то можно на стыке пластин можно ожидать и другие системные эффекты.

Синергетические явления

Системный эффект, как способ разрешения реальных физических противоречий, позволяет предложить объяснение на качественном уровне некоторых синергетических явлений [4, 5], связанных с самоорганизацией.

Например, известный еще с начала века эффект: образование ячеек Бернара.

В сосуд с плоским дном наливается масло и добавляется мелкий порошок, чтобы визуализировать движение жидкости. Сосуд подогревается равномерно по поверхности

дна снизу. При некотором уровне нагрева масла среда разбивается на правильные шестигранные ячейки, в центре каждой из которых жидкость движется вверх, по краям - вниз (рис. 8).

В чем состоит реальное физическое противоречие? При нагревании сосуда появляется градиент температур: нижние слои масла (контактирующие с горячим дном сосуда) имеют температуру более высокую, чем верхние (контактирующие с холодным воздухом). Соответственно, нижние более горячие (и легкие) слои масла стремятся подняться вверх, а верхние (и более холодные) стремятся опуститься вниз. Противоречие заключается в том, что в некоторой зоне масло поток масла должен быть направлен вверх, чтобы обеспечить подъем горячего масла, и должен быть направлен вниз, чтобы обеспечить опускание холодного масла.

Результат - "самоорганизация", образование ячеистой структуры, которая по расчетам специалистов по синергетическим явлениям определяется минимальной потребляемой энергией.

По краям ячеек
жидкость движется
вниз

В центре ячеек жидкость
движется вверх

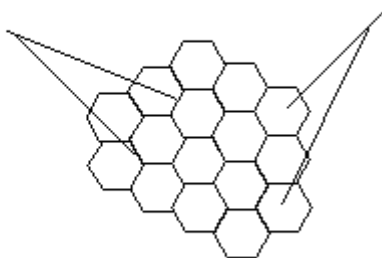


Рис 8. Сотовая структура ячеек Бернара

* * *

Образование вихрей (рис. 9) - системный эффект, связанный с реальным физическим противоречием: слой жидкости (при наличии градиента скоростей, например, при ламинарном течении) должен течь с одной скоростью, чтобы удовлетворять скорости течения жидкости с одной стороны и должен течь с другой скоростью, чтобы удовлетворять скорости течения с другой стороны.

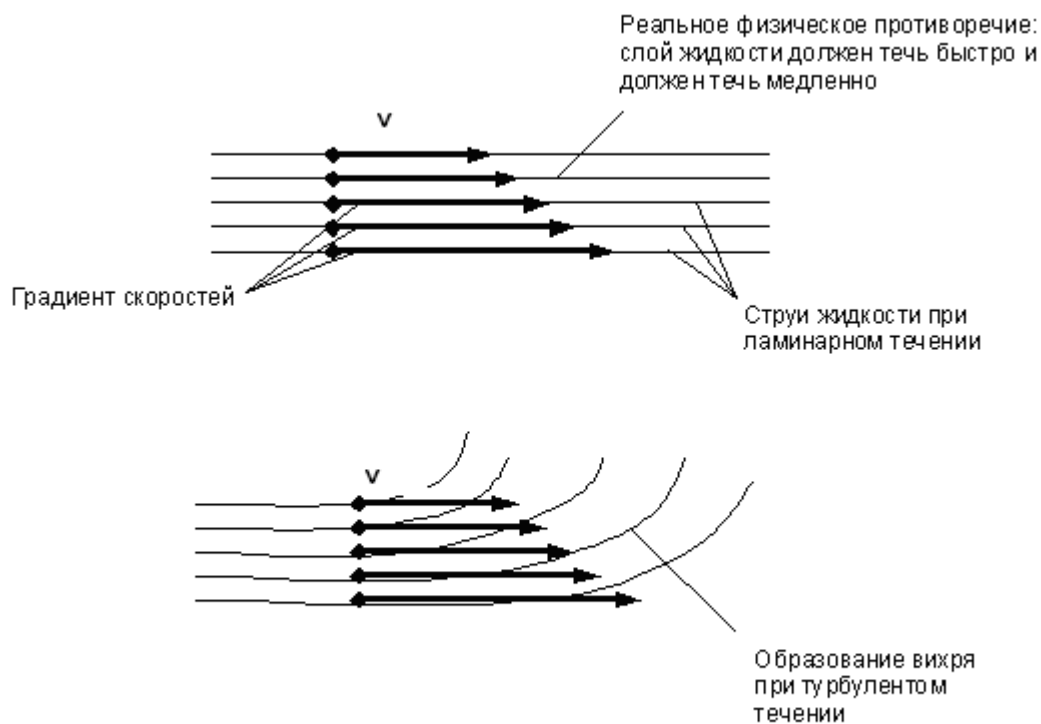


Рис. 9. Образование вихрей

При превышении значения числа Рейнольдса выше критической величины происходит нарушение ламинарности и образование вихрей в жидкости: системный эффект, разрешающий противоречие.

Заключение

Рассмотренный выше механизм возникновения системных эффектов через разрешение реальных физических противоречий позволяет поставить еще несколько исследовательских задач.

Например, интересным мог бы быть вопрос о возможности создания методики "конструирования" реальных физических противоречий с целью получения новых неизвестных системных эффектов.

Или, наоборот, если задаться каким-то необходимым системным эффектом, то какое противоречие (и как) должно быть сконструировано, чтобы получить этот системный эффект.

Для создания таких методик необходимы более детальные исследования соотношения между типом реального физического противоречия и возникающим при этом системным эффектом.

Интересным является также вопрос о соотношении способов разрешения реальных физических противоречий за счет возникновения системных эффектов и известных способов разрешения просто физических противоречий. Можно предположить, что изучение способов разрешения реальных физических противоречий поможет

детализировать механизмы разрешения физических противоречий, формулируемых при решении задач.

Нужно отметить, что разрешение реальных физических противоречий - не единственный механизм возникновения системных эффектов. Однако это - тоже является предметом отдельного исследования.

Литература

1. Митрофанов В. В., Копылов А.З.
Диссиметрия - это открытие. - Журнал ТРИЗ, 1995, 1. с. 79-85.
2. Митрофанов В.В.
От технологического брака до научного открытия. Ассоциация ТРИЗ Санкт-Петербурга, 1998. 395 с.
3. Девойно И.Г.
Развитие структур в ТС. - В кн.: INFO-89. Тезисы докладов международной конференции, Минск, октябрь 1989.
4. Хакен Г
. Синергетика: Пер. с англ. М., 1980. С. 381
5. Князева Е.Н., Курдюмов С.П.
Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М., 1994.