

Владимир Петров

Израиль,

E-mail: Atrl@bigfoot.com

ЗАКОНЫ СОГЛАСОВАНИЯ СИСТЕМ

Статья представляет собой одну из серии статей, описывающей законы развития систем. Эта серия статей - краткий обзор книги, написанной автором совместно с Эстер Злотин, посвященной законам развития систем.

Работа описывает теоретические представления авторов о законах развития систем с позиций системных исследований. В данной статье описываются законы организации технических систем.

1. Историческая справка

Впервые закон согласования был сформулирован Г.Альтшуллером в начале 70-х годов в виде **закона согласования ритмики частей системы**¹. Этот закон является частным случаем закона согласования, который был сформулирован позже.

Наибольший вклад в развитие этого закона (насколько это известно авторам) внесла Ленинградская школа ТРИЗ. Основные идеи этого закона были предложены Борисом Злотиным, Эстер Злотин, Семеном Литвиным и Владимиром Петровым в 1975-1980 гг. Этот закон и многие другие направления ТРИЗ неоднократно обсуждались в этом коллективе. Были выработаны общие подходы, например, что понятие этого закона должно быть значительно расширено, но, тем не менее, каждый имел и свой взгляд на этот закон.

Например, понятие «согласование-рассогласование» предложила Э.Злотин. Первоначально эта закономерность разрабатывалась совместно Борисом и Эстер Злотин, а в дальнейшем Б.Злотиным и Аллой Зусман. В.Петров считает, что понятие согласование включает и понятие рассогласование.

С.Литвин рассматривает четыре вида согласования²:

1. Компонентное согласование материалов, веществ.
2. Структурное – согласование размеров, форм, структуры.
3. Параметрическое – согласование основных параметров технических систем: температур, весов, давлений, плотностей, электрических сопротивлений и т.д.
4. Функциональное – согласование основных функций.

Кроме того, рассматривает:

1. Согласование подсистем одной ТС.
2. Согласование ТС и внешней среды.
3. Согласование изделия и инструмента.
4. Согласование инструментов между собой.
5. Согласование изделий между собой.

Б.Злотин рассматривает различные **виды** согласования-рассогласования³. (Эти виды разбиты по пунктам и сгруппированы В.Петровым):

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| 1. Параметров | 3. Материалов |
| 1.1. Прямое и обратное | 4. Формы и размеров |
| 1.2. Однородное и неоднородное | 5. Ритмики работы |
| 1.3. Внутреннее и внешнее | 6. Структуры |
| 2. Систем | 7. Поток в системах |
| 2.1. Непосредственное | 8. Живучесть системы |
| 2.2. Условное | |

Кроме того, рассматриваются **линии развития ТС** по согласованию-рассогласованию:

1. Несогласованная система – Согласованная система – Рассогласованная система – Система с динамическим согласованием-рассогласованием.

¹ Альтшуллер Г.С. **Творчество как точная наука**. Теория решения изобретательских задач. - М.: Сов. радио, 1979.-184 с. - Кибернетика. (В несколько ином виде этот закон был сформулирован Г.С.Альтшуллером в его первой публикации по ТРИЗ: Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. **Психология изобретательского творчества**. - Вопросы психологии, 1956, № 6, с. 37 - 49.)

² Литвин С.С. **Согласование технических систем**. – Методология и методы технического творчества. Тезисы докладов и сообщений к научно-практической конференции 30 июня-2 июля 1984 г. – Новосибирск 1984, с. 72-74.

³ **Поиск новых идей: от озарения к технологии** (Теория и практика решения изобретательских задач)/ Г.С.Альтшуллер, Б.Л.Злотин, А.В.Зусман, В.И.Филатов. - Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989.- с. 62-73, 367.

2. Виды согласования:

Несо согласованная система – Система с принудительным согласованием – Система с буферным согласованием – Система со свернутым согласованием.

3. Согласование ритмики рабочих движений при обработке:

Несовместимость транспортного и технологического движений – Совместимость транспортного и технологического движений с согласованием скоростей – Совместимость транспортного и технологического движений с рассогласованием скоростей – Независимость технологии от транспортного движения.

2. Структура закона согласования

Согласование проводится для недопущения вредных явлений или усиления полезных.

Закон согласования, который будет изложен ниже, был сформулирован В.Петровым в 1975-78.

Опишем структуру закона согласования.

1. Согласование может быть:

1.1. Статическое

1.2. Динамическое

2. Согласование проводится по уровням:

2.1. Потребностей

2.2. Функций

2.3. Системы.

3. Виды согласования:

3.1. Во времени,

3.2. В пространстве,

3.3. Структуры,

3.4. По условиям,

3.5. Параметров.

Закон согласования является общим законом развития систем. На уровнях потребностей (п.1.3.2.4) и функций (п.1.4.4) он был рассмотрен ранее.

Рассмотрим структуру закона согласования на уровне **систем**. Оно включает **согласование**:

• Систем

• Подсистем

• Надсистем

• Внешней среды

При согласовании **систем**, прежде всего, необходимо согласовать ее **структуру**. К структуре можно, в частности, относятся **форма, расположение отдельных элементов** и их **взаимодействие**.

Структура системы определяется **элементами** и **связями**. Они могут быть:

• Вещественные

• Энергетические

• Информационные

Системные понятия **структуры**, ее **элементов** и **связей**, и их видов (**вещество, энергия, информация**) относятся так же к **подсистемам, надсистеме** и **внешней среде**.

Параметры могут быть:

• Технические

• Эргономические

• Экономические

• Экологические

• Эстетические

• Социальные

• Политические

• и т.д.

Мы в основном будем рассматривать **технические** параметры. К ним мы относим не только сугубо **технические** параметры, но и **физические, химические, математические, параметры надежности**, т.е. все параметры, относящиеся к работоспособности систем. В частности, в качестве **технических** параметров могут рассматриваться частоты и **ритмика**. Таким образом, **согласование ритмики частей системы** относятся к одному из видов **параметрического** согласования.

В общем случае согласование проводится по всем указанным выше структурным направлениям. Оно представляет собой комбинацию этих структурных направлений и поднаправлений закона согласования. Таким образом, может быть построена сложная морфологическая структура, в виде морфологической матрицы с подматрицами. Своего рода сочетание графа древовидной структуры и перебора всех вариантов на каждом из уровней графа в виде морфологической матрицы.

На системном уровне закон согласования относится как к группе законов организации технических систем (в виде минимального согласования), так и к группе законов эволюции технических систем.

Минимальное согласование было рассмотрено в группе законов организации технических систем. Где мы рассматривали следующие виды согласования: **функциональное, структурное, функционально-структурное и параметрическое.**

Рассмотрим отдельные виды согласования на системном уровне.

3. Согласование структуры

3.1. Согласование элементов

Согласование элементов проводится:

1. Введением дополнительных однородных и неоднородных элементов - созданием би- и полисистем.

Пример 1. В дуговой сварке перешли от сварки одним электродом к сварке двумя (би) и более (поли) электродами. Эти электроды могут быть как однородные (одинаковые по материалу, диаметру и функциональному назначению), так и разные. Могут использоваться электроды из различных материалов для получения необходимых свойств шва⁴. Используют электроды различного диаметров для обеспечения необходимой геометрии шва. Электроды могут иметь разные функции. Один электрод (неплавящийся) создает дугу, а другой наплавляет металл - присадка (плавящийся электрод).

2. Заменой существующих элементов на более перспективные.

Пример 2. В приемнике лампы заменили транзисторами, транзисторы - микросхемами.

3. Объединением элементов системы - свертыванием элементов за счет устранения лишних и вредных элементов и возложением их функций на другие. Сюда могут относиться ранее рассмотренные примеры на свертывание в законах на функциональном уровне. Приведем еще примеры.

Пример 3. Предложено скручивать два электрода⁵. При повороте такого скрученного (частично свернутого) электрода на полвитка можно получать или более широкий, или более глубокий шов. Электроды из разных материалов объединены (полностью свернуты) в один порошковый электрод. В нем слоями расположены порошки различных металлов и других веществ, необходимых для получения определенного состава шва.

Под согласованием элементов понимается и согласование **материалов, формы и размеров.**

1. Согласование материалов

Согласование материалов проводится для недопущения вредных явлений или усиления полезных.

Материалы могут выбираться:

- **однородные**
- **разнородные**
- **во всем объекте**
- **в определенном месте.**

1.1. Применение однородных или разнородных материалов

⁴ А.с. № 507 428.

⁵ А.с. № 1 047 634

Пример 4. Применение однородных материалов, чтобы не допустить появления статического электричества и обратное явление, когда необходимо использовать свойства статического электричества.

1.2. Использование добавок в материалы

Пример 5. Использование добавок в материалы, например, свинца, для уменьшения трения, или добавление материалов для увеличения трения.

1.3. Устранение или использование контактных явлений

Пример 6. В среде электролита (воды и ее паров) может образоваться электрохимическая пара. В некоторых устройствах это явление может причинить вред, а в других оно специально используется. Поэтому при проектировании необходимо согласовывать эти материалы.

2. Согласование формы

Согласование формы проводится для обеспечения необходимых свойств.

2.1. Снижение или повышение сопротивления

Пример 7. Снижения аэро- и гидродинамического сопротивления в судах, самолетах, раскатателях потоков и т.д. Повышение сопротивления: закрылки самолета при торможении, парашют.

Снижение или повышение трения. Переход от трения скольжения к трению качения. Это явление также можно использовать для понижения трения, например, шарикоподшипник, так и для повышения трения, делая поверхность шероховатой, например, протектор шин.

2.2. Увеличения или уменьшения прочности

Пример 8. Использование различных геометрических форм для повышения прочности, например, сферы, гофры, треугольники, ячеистая конструкция, в частности, в виде сотовой формы и т.д. Использование «ломающихся» и «рассыпающихся» конструкций для понижения прочности. Например, делают дырочки, чтобы было легче оторвать бумагу; шарниры или пружины, чтобы конструкция складывалась или разваливалась при превышении нагрузки. Так устроены горнолыжные крепления.

2.3. Придание оптимальных форм

Пример 9. Поверхности, которые должны создавать полное прилегание, например, для обеспечения герметичности, «притирают» - притертые пробки.

В обуви больше всего изнашивается пятка. В кроссовках ее сделали скошенной. Колесные пары вагонов и локомотивов истираются, и их приходится обтачивать. Оказалось, что их первоначальное изнашивание колеса имеет форму эллипса, которая позволяет дольше не изнашиваться колесу.

2.4. Динамическое изменение формы

Пример 10. Боковое зеркало у автомобиля предложено делать переменной выпуклости, например, с помощью гидравлики. Такое зеркало может быть ближнего и дальнего обзора.

2.5. Создание эстетического образа

Пример 11. Это используется в архитектуре, искусстве, моде.

3.2. Согласование связей

Согласование связей осуществляется:

1. Введение дополнительных управляемых связей.

Пример 12. Обычно при дуговой сварке электроды подключены к одному источнику тока. Для более эффективного управления электроды подключены к различным токам и опускаются на различную глубину. Такой способ⁶ позволяет получить более плавный нагрев на большую глубину. Тем самым повышается качество шва.

2. Устранением ненужных или вредных связей.

Пример 13. Чтобы избавиться от помех в радио и электронной аппаратуре ставят экраны или различные фильтры.

3. Объединением (свертыванием) полезных связей.

Пример 14. Для использования электронной почты раньше необходимо было иметь компьютер и телефонную линию. В дальнейшем можно было использовать переносной компьютер и сотовый телефон. Современные сотовые телефоны объединили (свернули) эти функции. Теперь пользоваться электронной почтой, можно используя только сотовый телефон.

⁶ А.с. № 546 445.

4. Расположение отдельных элементов и их взаимодействие.

Пример 15 Вредные явления и взаимосвязи в системе могут быть устранены изменением расположения ее подсистем.

4. Согласование параметров

4.1. Общие аспекты согласования параметров

Согласование **политических** параметров осуществляется, например, по дипломатическим каналам или в виде встреч на высшем уровне. К таким параметрам, например, относятся территориальные претензии, сферы влияния, урегулирование политических конфликтов и т.д.

Например, арабские страны часто диктуют цены на нефть.

Для управления (согласования) различными политическим параметрами в свое время были созданы ООН, НАТО и другие политические и военные организации.

Эстетические параметры согласовываются при архитектурных разработках, при создании интерьера, при разработке новой моды и т.д.

Социальные параметры согласовываются при определении минимальной заработной платы, минимальной пенсии, мероприятий здравоохранения и т.д.

Экологические параметры должны быть согласованы при разработке новых заводов, электростанций и других сооружений и технологий.

Экономические параметры согласовываются при любых видах деятельности.

Согласование **эргономических** параметров важно не только при создании новой техники, но и при разработке игрушек, спортивных снарядов и оборудования и т.д.

Приведем пример на согласование **размеров**.

Пример 16. Некоторыми куклами ребенок играет несколько лет. Размеры куклы постоянны. Не плохо бы, чтобы и кукла росла вместе с ребенком...

В США выпускаются надувные игрушки из пластика, которые способны расти вместе с ребенком. Надо лишь подкачать сжатого воздуха⁷.

Основное внимание мы уделим согласованию **технических** параметров.

Пример 17. При разработке электрических и радио приборов согласуются сопротивления, конденсаторы, индуктивности, частоты и т.д. Разработка трубопроводов и судов требует согласования гидродинамических характеристик.

Разработка сложных систем требует четкой согласованности входных и выходных характеристик соединяющихся блоков. Такое согласование идет по многим параметрам.

Пример 18. Завершалась разработка космической станции «Венера-12». К конструкторам пришел ученый из Института геохимии и аналитической химии. Он попросил разместить в спускаемом аппарате станции еще один прибор весом 6 кг. Конструкторы только посмеялись над ним. Надо отметить, что в автоматических космических аппаратах очень плотная упаковка, где учитывается каждый грамм веса и кубический сантиметр пространства.

В спускаемом аппарате был центrovочный груз, что бы он занимал строго определенное положение в пространстве. Конструкторы догадались заменить центrovочный груз прибором, который одновременно выполнял свои функции и функции груза⁸.

Пример 19. В момент касания колеса шасси самолета посадочной полосы колесо сильно истирается. Это происходит из-за очень большого трения, возникающей в результате разности скоростей движения самолета и неподвижной посадочной полосы. Как правило, такие колесы использовались только один раз. Это очень дорого.

Соответственно нужно было согласовать эти скорости и сделать разницу скоростей сделать как можно меньше или равной нулю. Следовательно, нужно или делать «бегущую» посадочную полосу или раскрутить колесо шасси. Естественно значительно легче раскрутить колесо. Для этого нужно использовать имеющиеся

⁷ Юный техник, 1989, № 9, с.38

⁸ Губанов В. 110 минут среди тайн. Правда, 22.12.78

ресурсы – набегающий поток. На боковой поверхности колеса сделали направляющие (лопатки). Набегающий поток раскручивал колесо, и оно крутится точно с той же скоростью, с которой движется самолет⁹.

4.2. *Согласование ритмики*¹⁰

Этот вид параметрического согласования выделен, так как достаточно часто используется в технике.

Под **ритмикой** мы понимаем временную диаграмму и частоты работы системы. Эти параметры должны быть согласованы для повышения эффективности работы системы и отсутствия нежелательных эффектов.

Согласование **временных характеристик** может проводиться:

1. *Заданием строго определенной последовательности работы.*

Пример 20. Конвейерная линия, последовательность работы на различных автоматах, график работы и т.п.

2. *Динамичный график работы. Последовательность действий меняется в зависимости от устанавливаемых критериев.*

Пример 21. В сложных технологических процессах виды и режимы обработки меняются в зависимости от свойств, которые необходимо получить, от состояния и вида объекта и т.д.

В медицине виды и продолжительность воздействия на больного зависят от его состояния. Воздействия автоматически изменяются в зависимости от изменения определенных показателей состояния больного.

3. *Процесс делается прерывистым (импульсным) и в паузы одного процесса вставляется другой процесс. Это может экономить время проведения процесса или проводить два и более взаимоисключающих процесса.*

Пример 22. С экрана телевидения можно прочесть телегазету. Для этого не используется специальный канал. Информация, несущая текст газеты, распределяется между сигналами телепрограммы. Специальная приставка позволяет прочесть текст газеты слитным. В современных телевизорах такая «приставка» встроена внутри.

Согласование **частоты работы системы** проводится:

1. *Согласованы частот работы системы.*

Пример 23. Чтобы ликвидировать вредные воздействия отдельных блоков радио аппаратуры, предварительно согласовывают частоты их работы

Пример 24. Предложено массаж тела делать в ритме сердечных сокращений¹¹.

Пример 25. В определенных условиях человек должен давать собаке различные команды, но их не должны слышать другой человек. Придуман «свисток», который излучает сигналы на высокой частоте, которые не может различить ухо человека.

2. *Согласование работы, действий и с собственной частотой объекта.*

Пример 26. Для повышения эффективности резки стекла делают надрез на его поверхности, и подают на стекло акустические колебания, с частотой равной частоте собственных колебаний стекла¹². Стекло намного быстрее и точнее режется.

3. *Динамическое согласование частот работы с собственной частотой объекта*

Пример 27. Качество сварного шва улучшается, если перемешивать расплавленный металл в сварочной ванне (зоне плавления). Перемешивание осуществляют вращающимся магнитным полем с частотой, совпадающей с частотой собственных колебаний сварочной ванны. В процессе сварки параметры (размеры и масса) сварочной ванны меняются, а значит, меняется и собственная частота ванны.

Предложено улавливать спектр электромагнитных волн, генерируемых самой ванной. Этот спектр частот определяет частоту вращения магнитного поля¹³.

⁹ Пат. Франции № 2 600 619

¹⁰ Наиболее подробно этот закон описан в работе: **Саламатов Ю.П. Система законов развития техники** (основы теории развития технических систем). Изд. 2-е испр. и доп. Книга для изобретателя изучающего ТРИЗ. Institute of Innovative Design: Красноярск, 1996г. <http://www.triz.minsk.by/e/21101300.htm>.

¹¹ А.с. 1163853

¹² А.с. 996347

¹³ А.с. 919818

Пример 28. Давно замечено, что низкие частоты отрицательно влияют на человека и даже могут убить его. Это свойство использовали для создания психологического оружия.

Многие органы человеческого тела имеют довольно низкие резонансные частоты: голова 20 – 30 Гц, вестибулярный аппарат 0,5 – 13 Гц, руки 2 – 5 Гц, а сердце, позвоночник, почки имеют общую настройку на частоту около 6 Гц.

Во Франции изобретен свисток для разгона демонстраций. В пятимильной зоне люди чувствуют во всем теле сильную болезненную вибрацию.

В США созданы инфразвуковые "прожекторы", которые создают в атмосфере акустические волны, способные повредить зрение, вызвать тошноту, страх... Это новый вид психотропного оружия. На этих частотах звук легко проникает сквозь бетонные и металлические преграды¹⁴. Можно предположить, что этот вид воздействия доведен до совершенств и для разных целей воздействуют на разные участки тела, изменяя частоту воздействия.

4. Согласование путем складывания противоположных сигналов или в противофазе.

Пример 29. Один из способов погашения шумов. Шумы улавливаются микрофоном, инвертируются и подаются точно такой же амплитуды обратно. Сигналы складываются и уничтожают друг друга.

Пример 30. Часто на разных участках пространства требуется передавать через динамики разную информацию. Эта ситуация встречается в выставочных залах и других больших залах. Если передавать различную информацию через динамики, развешенные в разных местах зала, то возникнет явление реверберации (наложения одних волн на другие), то речь станет не различимой и будет только шум.

В Японии разработана аппаратура, накладывающая сигнал голоса дикторов на несущие ультразвуковые колебания, излучаемые динамиками. В каждый участок пространства направлено два динамика. Они излучают два направленных противофазных ультразвуковых луча. Лучи пересекаются в нужной зоне зала. Несущая (ультразвуковая) частота уничтожается, а остается только голос диктора¹⁵.

Этот же принцип используется при радио передаче. Несущая частота в радиоприемнике уничтожается, и остается только нужный сигнал.

Пример 31. Чтобы предотвратить отек легкого, необходимо знать количество жидкости, содержащейся в легких. Это осуществляли с помощью определения электрического сопротивления. Для этого ставили один электрод на груди и один на спине. Подавая на электроды малый ток, определяли сопротивление. Так как сопротивление кожи почти в 20 раз больше, чем сопротивление легких, то изменение сопротивление в легких было практически невозможно. Кроме того, сопротивление кожи изменяется по разным причинам.

Профессор Павел Рабинович из Израиля, предложил ставить с каждой стороны по три электрода. Это позволило при измерении вычесть составляющую кожного измерения и измерять только изменение сопротивление легких.¹⁶

¹⁴ Юный техник, 1989, № 7, с. 8-15

¹⁵ Социалистическая индустрия, 24.01.85

¹⁶ Патент США 4 749 369