

Отзыв на статью «Об эволюции научных моделей»

А.Захаров

На форуме сайта Методолог (<http://www.metodolog.ru/node/945>) идет обсуждение статьи **ОБ ЭВОЛЮЦИИ НАУЧНЫХ МОДЕЛЕЙ** авторов А.И.Привенья и А.Т.Кынина.

Поскольку тема касается законов эволюции – авторы сразу заявляют:

«Общеизвестно, что научные модели не вечны и имеют свойство сменять друг друга в процессе развития научных знаний. Интуитивно многие специалисты ощущают, что эта смена моделей и лежащих в их основе парадигм происходит неслучайно, и в ее основе должен лежать какой-то общий закон. Но какой?»

«Не претендуя, разумеется, на абсолютную истину, мы попытаемся нащупать основные контуры этого закона»,

то не мог не откликнуться.

Для удобства чтения: текст авторов статьи – черный, мой текст: комментарии и пр. – синий, места в тексте, на которые специально обращал внимание.

Об эволюции научных моделей¹ ср, 30/03/2011 - 22:12 — content manager

А.И.Привень, А.Т.Кынин

Введение

Общеизвестно, что научные модели не вечны и имеют свойство сменять друг друга в процессе развития научных знаний. Так, на смену атомистической модели Демокрита (по большому счету, не столько научной, сколько философской) приходит описание свойств конкретных химических элементов, затем эти свойства описываются общим (Периодическим) законом, после чего появляется модель строения атома, далее – модель движения атомов (метод «молекулярной динамики»)...

Вот-вот, это интересно: «... научные модели не вечны и имеют свойство сменять друг друга в процессе развития научных знаний». Сразу вопрос – что происходит с научной моделью, которую сменили?

Интуитивно многие специалисты ощущают, что эта смена моделей и лежащих в их основе парадигм происходит не случайно, и в ее основе должен лежать какой-то общий закон. Но какой? Не претендуя, разумеется, на абсолютную истину, мы попытаемся нащупать основные контуры этого закона.

Хорошие слова: в основе смены моделей (парадигм) должен лежать какой-то общий закон.

... из всего многообразия моделей, имеющих отношение к науке, мы рассмотрим только одно подмножество, а именно – модели, пригодные для практических прогнозов. Другими словами, их ценность определяется «надсистемным» критерием, а именно – способностью предсказывать то, чего на момент их использования еще не произошло.

Т.е. эти модели необходимо связаны со временем. А это уже намек на эволюцию!

¹ Целиком текст статьи и обсуждение см. на сайте по приведенной ссылке.

Эти модели принято называть «прикладными», поскольку они чаще всего создаются и используются для решения практических задач.

И это можно рассматривать как намек - решение практических задач должно быть связано со временем. Ну, имеется «плохая» система, т.е. система, порождающая задачу, и нужно перейти к системе «хорошей», «беззадачной». А это и есть переход во времени, который эволюцией и называется.

... мы сочли возможным рассмотреть процесс эволюции моделей в рамках единой парадигмы эволюции естественных и искусственных (создаваемых человеком) объектов. Ниже предлагается вариант описания этой эволюции, опирающийся на закономерности развития объектов разной природы.

Общая схема эволюции научных моделей

Общие принципы

... эволюция – как в природе, так и в науке, и в технике, - происходит не случайно, а таким образом, чтобы, в целом, минимизировать удельные затраты, необходимые для достижения требуемых результатов... Это отражает хорошо известный в науке принцип наименьшего действия.

«Эволюция происходит не случайно, а чтобы минимизировать затраты...» - как-то коряво звучит. Получается, что эволюция – это как бы задача, а минимизация затрат – результат, достигнутый в конце решения этой задачи. Лучше сказать, что эволюция – это постоянная реализация этого принципа. Эволюция – это то, что происходит с объектом при следовании принципу минимизации затрат.

В соответствии с вышеуказанным принципом, мы полагаем, в частности, что в ходе эволюции моделей должен также соблюдаться принцип экономии ресурсов...

Как можно полагать что-то, если в основе фундаментальный принцип природы!? Это всё равно, что сказать, зная о существовании ряда натуральных чисел: я полагаю, что после 4 идет 5... Это непреложный факт: не надо полагать, надо утверждать.

...мы полагаем, что должен соблюдаться принцип преемственности научного знания: модель каждого класса должна включать в себя модель предыдущего класса в качестве частного случая.

Опять «... мы полагаем»!? Это давно принято наукой и полагания авторов не требуется.

В процессе развития науки происходит постоянное обновление знаний, идей и концепций, более ранние представления становятся частными случаями новых теорий (Научная картина мира, [http://ru.wikipedia.org/Научная картина мира](http://ru.wikipedia.org/Научная_картина_мира))

Его (принцип преемственности научного знания) можно рассматривать как частный случай реализации принципа наименьшего действия, а именно – минимально необходимого объема нового знания, появляющегося на каждом этапе развития научных представлений.

А вот это хорошо сказано!

... мы полагаем, что, как и в случае эволюционирующих объектов иной природы, должен соблюдаться принцип конечности описания: число классов моделей, последовательно сменяющих друг друга, конечно и невелико.

Еще раз «... мы полагаем»!? И это в науке давно известно: наука стремится описать все большее число фактов (явлений, объектов) всё меньшим числом аксиом, постулатов и пр. В этом проявляется идеальность науки, если использовать ТРИЗовский термин.

Поскольку все положения (экономия ресурсов, преемственность знания, конечность описания и др.) вытекают из принципа наименьшего действия, то появляется предложение – оставить в качестве ориентира только этот принцип. Так сказать, применить сам этот принцип к набору принципов, описанных авторами.

Каждый из этих принципов в отдельности представляется нам достаточно общим для науки.

Нельзя эти принципы рассматривать «... в отдельности», а особенно строить какие-то логические заключения. Налицо нарушение иерархии – совмещение в одном списке разных сущностей, точнее – целого и части. Ну, примерно, так: обувь, ботинки и сапоги; или овощи, свекла и капуста.

Еще раз повторю, на самом деле, есть ОДИН принцип - принцип наименьшего действия, а остальные – следствия из него, и их нельзя рассматривать в виде списка.

Классификация научных моделей

В результате анализа **моделей, используемых для прогнозирования** поведения объектов самой разной природы, **нами выделены** следующие восемь классов моделей, последовательно сменяющих друг друга.

Было бы интересно познакомиться с исходным списком упомянутых моделей. Как собирался этот список и по какой методике обрабатывался? Какова, так сказать, плодотворная дебютная идея?

1. Умозрительная модель. Это модель, основанная на аналогии моделируемых объектов с другими объектами, обладающими рядом сходных с ними особенностей поведения. На этой стадии моделирования информации о закономерностях поведения моделируемого объекта еще нет – есть лишь разрозненные факты, подлежащие обобщению.

2. Описательная модель. Этот класс моделей позволяет обобщить выявленные ранее тенденции, как правило, представив их в виде той или иной классификации.

Внимание, вопрос: А как происходит переход от умозрительной (У) модели к описательной (О)? Пользователь одномоментно отбрасывает умозрительную модель, увидев, что она перестала работать, и сразу переходит к описательной? Или что-то ещё происходит в этот момент времени или даже в некоторый период?

Подозреваю, что последнее. Об этом говорит хотя бы существование МПиО: пользователь, отбросив умозрительную модель $Y_{исх}$, которая перестала его удовлетворять, переходит к другой умозрительной. Конечно, может перейти и к описательной, но следование (даже интуитивное!) принципу наименьшего действия сначала подталкивает к поиску модели на том же уровне, т.е. тоже умозрительной.

Если принять это замечание, то, возможно, в тех моделях, которые анализировали авторы, найдется описание именно такого случая. Точнее, даже множества случаев перехода:

$Y_{исх} \rightarrow Y_1 \rightarrow Y_2 \rightarrow Y_3 \rightarrow \dots \rightarrow Y_N.$

В графическом виде это можно представить:

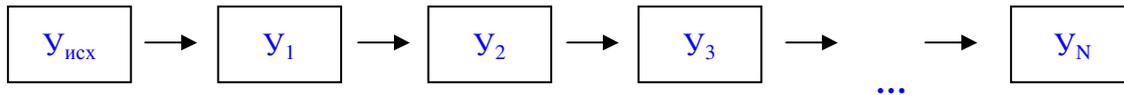


Рис. 1

Но и это еще не всё! Известно, что никакая модель не описывает изучаемый объект полностью, исчерпывающим образом. Это из самого определения модели следует. Поэтому указанная неполнота присуща и умозрительной модели (моделям). Как же действует пользователь, имеющий набор $U_1, U_2, U_3, \dots, U_N$, где у каждой модели U_i есть свои преимущества?

А вот как:

«Если бы губы Никанора Ивановича да приставить к носу Ивана Кузьмича, да взять сколько-нибудь развязности, какая у Балтазара Балтазарыча, да, пожалуй, прибавить к этому еще дородности Ивана Павловича — я бы тогда тотчас же решилась». (Н.В.Гоголь. *Женитьба*, <http://ilibrary.ru/text/1234/p.2/index.html>).

Опять же, если наглядно:

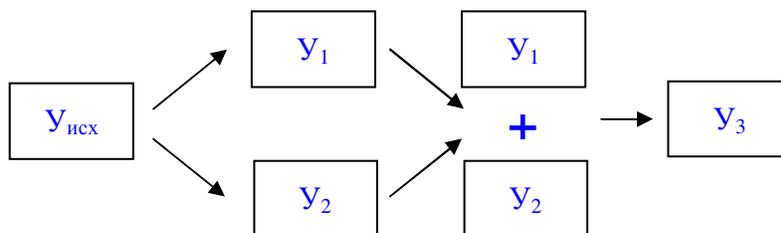


Рис. 2

Предполагаю, что в проанализированных авторами моделях найдутся описания случаев объединения умозрительных моделей. Особенно был бы интересен случай усиления умозрительной модели за счет сложения плюсов моделей U_1 и U_2 и взаимного уничтожения их минусов. Ну, то что мы ТРИЗ называем объединением альтернативных систем.

Как показывает дальнейший текст, ни про ряд моделей одного уровня, ни про объединение моделей одного уровня, ни про возможное объединение моделей двух соседних уровней (а ведь это очень даже возможный вариант!) – у авторов ни слова.

3. Корреляционная модель. Этот класс моделей берет за основу взаимосвязи, выявленные на предыдущем этапе, и оценивает степень их выраженности с помощью количественного критерия. (Модель) описывает некоторые количественные соотношения, не очевидные из исходного описания, а обнаруживаемые в результате анализа взаимосвязанных свойств, явлений или событий.

4. Функциональная модель. Этот класс моделей использует новый элемент моделей предыдущего класса – численные параметры, позволяет описать количественные закономерности их взаимосвязи друг с другом, дает возможность точного количественного предсказания одной характеристики, зная одну или несколько других.

5. Феноменологическая модель. Этот класс моделей берет за основу поведение моделируемых объектов, количественно описываемых функциональной моделью (или

несколькими моделями), и описывает эти функции как результат действия некоторого процесса, суть которого в общем примерно понятна, но в деталях пока еще не ясна.

6. Динамическая модель. Этот класс моделей количественно описывает не только кинетику процессов (как модели предыдущего класса), но и движущие силы, определяющие эту кинетику, - например, разность химических потенциалов как движущую силу химической реакции.

Все предыдущие классы моделей (за исключением, частично, последнего) являются последовательными усложнениями друг друга.

Но следует обязательно отметить, что это **относительное** усложнение: при переходе от класса к классу рост объяснительной силы моделей обгоняет рост сложности моделей. Опять же по-тризовски: идеальность моделей все равно растет.

Однако из законов развития технических систем (ЗРТС) известно, что эта тенденция – развертывание системы – должна, рано или поздно, смениться противоположной – тенденцией к ее свертыванию. Аналогичная судьба постигает и научные модели, которые, рано или поздно, претерпевают принципиальные упрощения.

7. Сквозная модель. ... увязанные друг с другом **в единую модель элементы разных уровней системной иерархии.** Эта модель использует сведения о механизмах процессов, полученные на предыдущем этапе моделирования, и объединяет эти механизмы в общую картину, описывающую единым образом все эти процессы. Понимание механизма, в свою очередь, позволяет понять и скрывающуюся за ним структуру, что делает модель не только проще, но и нагляднее.

Ага, отмечено увязывание (объединение) элементов разных уровней системной иерархии в единую модель! Только почему это сделано только сейчас? Ведь, как сказано выше, ничто не мешает объединению моделей двух соседних уровней: умозрительной и описательной, описательной и корреляционной, корреляционной и функциональной... Такие случаи в истории науки отмечены, так, например, Тихо Браге предлагал объединить модели Птолемея и Коперника.

Новым элементом, появляющимся в моделях данного класса, является научный смысл, обеспечивающий понимание сущности описываемых явлений. Это понимание, в самом общем виде, можно представить как **видение взаимосвязей между явлениями разного уровня системной иерархии.** (Поэтому) такая модель записывается в виде иерархической системы научных законов.

Поскольку процессы в природе непрерывны, то модель должна не только элементы в иерархию увязывать, но и явным образом представлять цикл!

8. Обобщенная модель. Казалось бы, какая модель может следовать после сквозной, и какой новый элемент может в ней появиться после смысла? Однако такой элемент есть. Это – границы применимости.

Границы применимости – это хорошо. Но почему их нельзя определить для сквозной модели?

Обобщенная модель, в силу своей сущности, не может быть результатом развития только одной модели предыдущего класса: она требует наличия, как минимум, двух сквозных моделей, имеющих сходную структуру.

Опять объединение моделей! Значит верна догадка о всеобщности объединения для всех уровней моделей.

9. Накопление новых фактов и новый цикл моделирования. **Обобщенная модель венчает собою цикл построения научных моделей.** Однако в науке нет вечных и абсолютных истин, и рано или поздно обнаруживаются факты, не подпадающие под действие прежней модели. Сбор этих фактов открывает новый цикл приближения к научной истине, осуществляемый уже на более высоком уровне абстрагирования.

Ага, про цикл речь зашла. А вот и он сам:

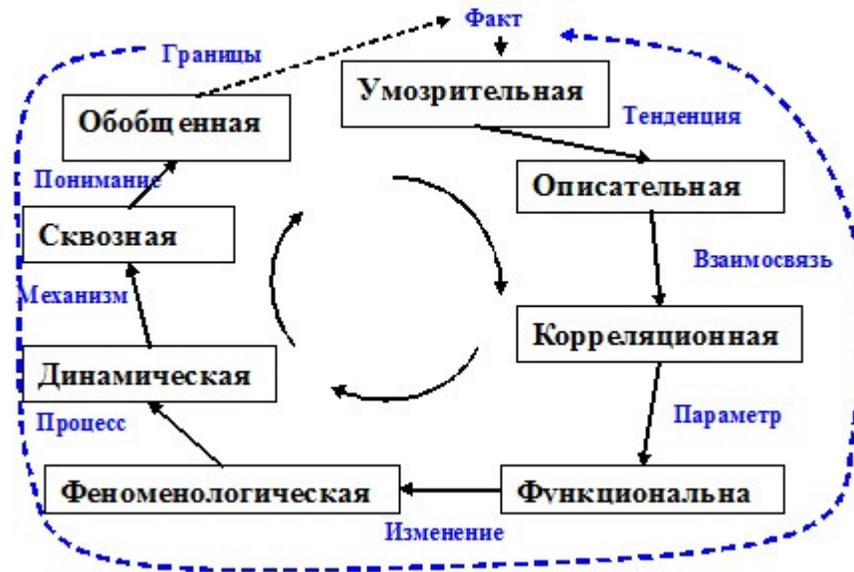


Рис. 1. Схема эволюции научных прогностических моделей

Но как же все-таки в эту схему встроить указанные ранее:

- Развитие модели (переход от модели к модели) на каждом уровне;
- Объединение моделей:
 - на каждом уровне,
 - между двумя соседними уровнями;
- Представление развития модели на каждом уровне в виде цикла.

Да, чуть не забыл – на этой схеме хорошо бы явным образом законы диалектики показать!

... законы диалектики, по задумке, являются **динамическими** моделями (поскольку они указывают движущие силы развития), но реально выстроены лишь на **умозрительном** уровне и потому неспособны реально предсказывать развитие конкретных объектов, а способны пока что лишь «объяснять» происшедшие события «задним числом».

Налицо противоречие: «законы диалектики являются динамическими моделями, а реально выстроены лишь на умозрительном уровне». А вдруг встраивание законов диалектики в схему и разрешит отмеченное противоречие?

Начнем с создания схемы для законов диалектики. В системах любой природы постоянно идут 3 процесса:

Первичный процесс - в системе постоянно накапливаются мелкие **неблагоприятные** изменения, нежелательные эффекты (НЭ) – закон самопроизвольного роста энтропии. Да, для определенности считаем, что мы говорим об искусственных системах.

Мы эти НЭ замечаем, даже сожалеем о случившемся, но особых мер по исправлению или по недопущению их впредь пока не предпринимаем, считая, что «критическая масса» нежелательных изменений еще не накопилась.

В случае достижения «критической массы» НЭ, когда количественные изменения системы перешли в новое качество - это и есть проявление закона «переход количества в качество».

№ 1. «Хорошая» система → «Плохая» система = **Закон перехода количества в качество**

С какого-то уровня низкого качества системы мы начинаем изучать проблемы системы и пытаемся их решить - откладывая меры по спасению системы дальше нельзя.

Второй процесс начинается, когда мы начинаем исправлять создавшееся положение.

№ 2. «Плохая» система → преобразование → «Хорошая» система = **Закон единства и борьба противоположностей**

Если ничто не мешает преобразовать систему – есть для этого ресурсы и не возникает противоречий, то преобразуем систему без появления новых проблем. Такое действие по преобразованию системы, как правило, никак специально не отмечается – ну, какая доблесть в том, что удалось, например, опустить с платформы груз при наличии крана нужной грузоподъемности!?

Но, когда преобразовать систему надо, а ресурсов для этого нет, или при преобразовании возникает противоречие: «улучшаем параметр А, но обязательно ухудшается параметр В», то это и есть проявление закона «единства и борьбы противоположностей».²

Теперь для преобразования системы нужны хитрости, изобретательские приемы. Эти приемы именно так и были выявлены и специально отмечены: были проблемы с преобразованием системы, но все же удалось найти способ «улучшить параметр А без ухудшения параметра В». Конечно, стоить на будущее запомнить решение проблемы: снять с платформы груз, если кран есть, но его грузоподъемность мала!

Преобразование удалось лишь с разрешением назревшего противоречия. Мы решили проблему системы! Но...

Третий процесс начинается практически сразу после решения проблемы – хорошая система вновь становится плохой. Это и есть проявление закона «отрицания отрицания».

№ 3. «Хорошая» система → «Плохая» система → «Хорошая» система = **Закон отрицания отрицания**

В соответствии с показанными процессами, законы диалектики в виде замкнутого цикла можно представить так:

² Противоположности возникают действительно **одновременно** и они имеют действительно **противоположный** характер ТОЛЬКО при попытке что-то изменить.



Рис. 3

Вот в такую форму придется вписать эволюцию научных моделей.

И вот еще что – куда же отнести законы развития из ТРИЗ? Ведь в работе Б.Злотина и А.Зусман³ «... сформулирован постулат о закономерности развития, аналогичный постулату ТРИЗ: **научные системы развиваются по объективно существующим законам. Эти законы познаваемы, они могут быть выявлены и целенаправленно использоваться для развития этих систем, решения творческих задач в науке**». И эти законы в приложении именно к эволюции научных систем приведены (с. 39 – 53):

1. Этапы развития научных систем

Многие процессы развития, происходящие в природе, в биологических, общественных, технических и других системах, описываются внешне похожими S-кривыми, характерными и для развития научных систем.

2. Вытеснение человека из научной системы
3. Противоречия в развитии научных систем
4. Увеличение степени идеальности научных систем
5. Развертывание – свертывание научных систем
6. Повышение динамичности научных систем
7. Переход научных систем на микроуровень
8. Согласование научных систем

Ну, вот теперь осталось из рекомендаций (с. 4), Рис. 1 «Схема эволюции научных прогностических моделей» (с. 6), Схемы законов диалектики, Рис. 3 (с. 8) и Списка законов развития научных систем «по Злотину-Зусман» (с. 8) собрать одну модель, желательно простую... Вообще-то такая модель уже существует - это Универсальная схема эволюции (УСЭ).

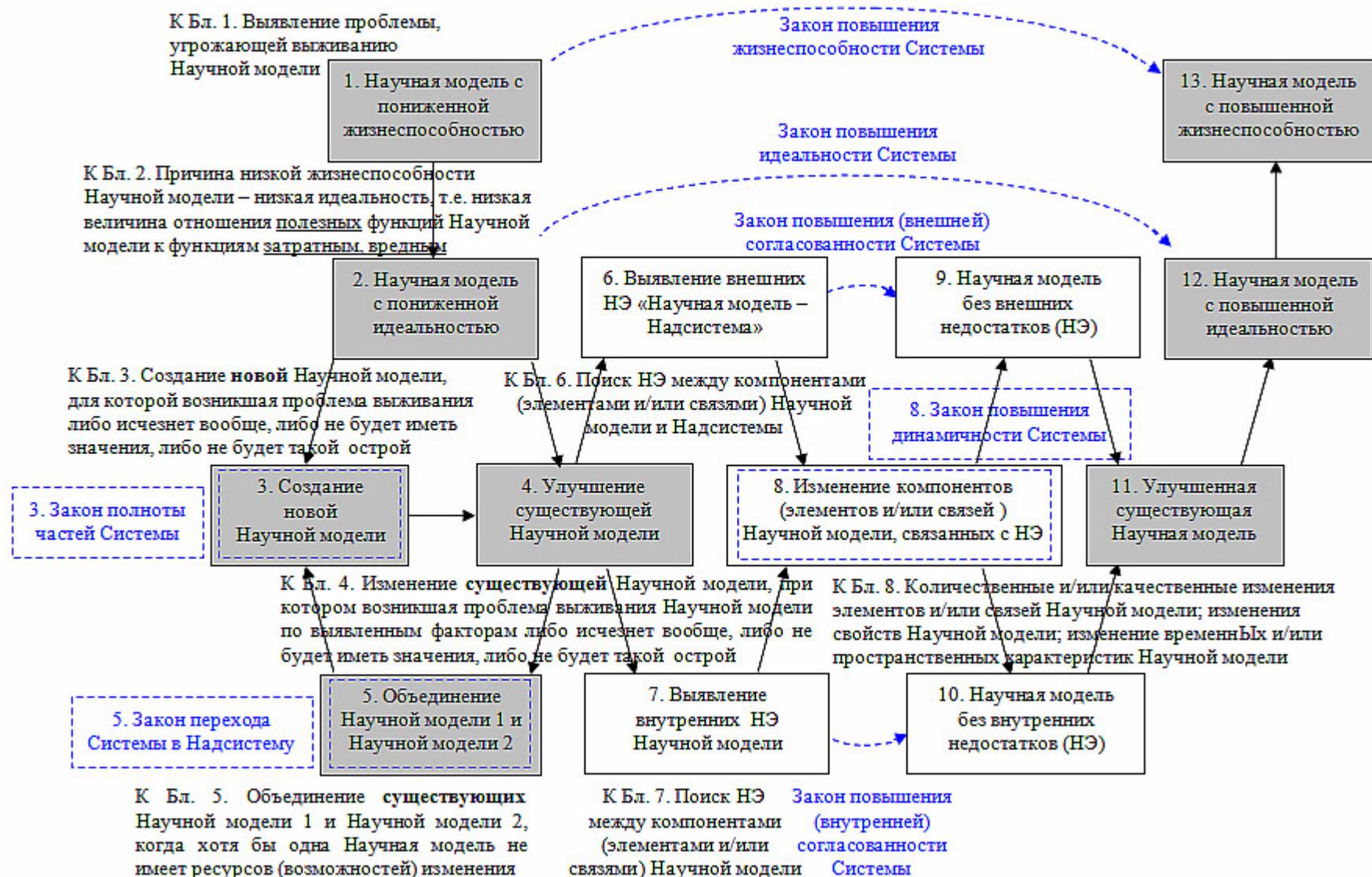
Уже была попытка описать эволюцию науки (не отдельных научных моделей, а эволюцию науки, теории, парадигмы) с помощью УСЭ: «Схема ЗРТС⁴ и развитие системы знаний - науки, теории, парадигмы», http://triz-evolution.narod.ru/TESE_Science_40312_1AZ.pdf

³ Злотин Б.Л., Зусман А.В. Решение исследовательских задач. – Кишнев: МНТЦ «Прогресс, Картя Молдовеняскэ, 1991, с. 33

⁴ В 1999 г., когда была написана эта статья, термина Универсальная схема эволюции (УСЭ) еще не было. Изначально она называлась Схема ЗРТС, которая как раз и проходила проверку на универсальность.

Универсальная схема эволюции (УСЭ), в которую для анализа подставлена Научная модель в общем виде. Такую эволюцию проходят все описанные в статье «Об эволюции научных моделей» научные модели – от умозрительной до обобщенной.

Схема эволюции Научной модели



Пояснение: На УСЭ максимально полно представлены ЗРТС, выявленные и используемые в классической ТРИЗ. На УСЭ это показано в виде соответствия блоков и указанных законов (выделены рамками).

Переход «Бл. 2 → Бл. 12» соответствует закону повышения идеальности системы

Переходы «Бл. 6 → Бл. 9» и «Бл. 7 → Бл. 10» - закону согласования системы – внешнему и внутреннему

Бл. 8 «Изменение компонентов и связей ...» - закону динамизации системы⁵

Бл. 3 «Создание новой системы» - закону полноты частей системы

Бл. 5 «Объединение систем» - закону перехода в надсистему.

В УСЭ введен переход «Бл. 1 → Бл. 13», соответствующий закону повышения жизнеспособности системы. Именно этот закон дал возможность замкнуть предложенную сеть законов в цикл. Необходимость введения этого закона диктовалась наличием фундаментальных законов сохранения, повсеместностью явления «длиться, быть и пр.» даже в неживой природе (см. принцип Ле Шателье – Брауна). Самое яркое проявление закона – всемерное поддержание процесса выживания объектами живой природы. Несмотря на упоминание жизнеспособности технических систем в ЗРТС⁶, это явление как закон⁷ принято не было.

Подробный анализ одной из научных моделей, для определенности – умозрительной, с помощью Универсальной схемы эволюции (УСЭ).

Момент создания модели и начало её использования можно назвать «нулевым» этапом (Этап № 0). Этот этап никак не отмечен на УСЭ, т.к. на этом этапе эволюции модели нет. Немного странно звучит, правда? Но это именно так – модель используется и к ней нет претензий. А раз так, то и менять модель нет необходимости: «Не сломалась – не чини!».

Но вот к модели начинают предъявляться претензии – модель неполна! Ведь появились новые факты, а данная умозрительная модель создавалась ещё до их открытия. Вот тут-то и начинается переход от Этапа № 0 к Этапу № 1, которому на УСЭ соответствует Бл. № 1 «Умозрительная модель с пониженной жизнеспособностью». Понятно, почему пониженная жизнеспособность – у модели появились нежелательные эффекты (НЭ) в виде неполноты описания фактов, и если данную модель не удастся улучшить, то с ней придется распрощаться, модель попросту умрет...

Бл. № 2 «Умозрительная модель с пониженной идеальностью» помогает оценить уровень пониженной жизнеспособности – здесь пользователю рекомендуется максимально полно выявить НЭ умозрительной модели. Ну, один НЭ уже назван – неполнота описания фактов.

⁵ Свертывание (тримминг), вытеснение человека из системы, переход «Макро → микро» и др. – это разные виды динамизации. Динамизация – собирательный образ, общее название для любых изменений в системе. Как реализуется динамизация? Через повышение гибкости, через повышение приспособляемости (адаптацию), через изменение числа элементов системы (увеличение = развертывание, снижение = свертывание), через вытеснение человека, через переход ко все более глубоким свойствам материи (переход на микроуровень) и т.д.

⁶ Законы развития систем. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. — М.: «Советское радио», 1979. — С. 122 – 127., <http://www.altshuller.ru/triz/zrts1.asp>

⁷ Очевидное – невероятное? Казалось бы, что может больше соответствовать определению закона – «... существенная, необходимая, устойчивая, повторяющаяся связь между явлениями», – чем явление существования нашего мира!?

По результатам анализа в Бл. № 2 величины идеальности умозрительной модели производится выбор:

- 1) Если НЭ не слишком много, то улучшать существующую умозрительную модель, или
- 2) Если НЭ много, то переходить к созданию новой умозрительной модели.

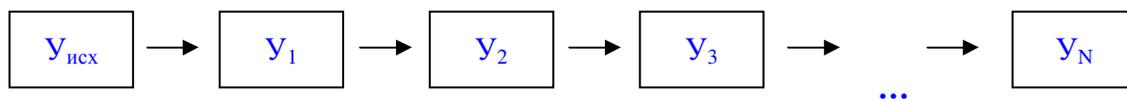
В случае выбора п. 1) осуществляется переход к бл. 4 «Улучшение существующей умозрительной модели». Для улучшения умозрительной модели выявляются её внешние и внутренние НЭ – на УСЭ это Бл. № 6 и Бл. № 7 соответственно.

После выявления НЭ и связывания их в причинно-следственную цепочку для выявления ключевого НЭ, определяется элемент $\mathcal{E}_{\text{ключ}}$ умозрительной модели, ответственный за $\text{НЭ}_{\text{ключ}}$. Теперь понятно, что нужно «прицельно» менять в умозрительной модели. Обобщенно направления изменений показаны в бл. № 8:

- Количественные и/или качественные⁸ изменения $\mathcal{E}_{\text{ключ}}$, и/или его связей;
- Изменение свойств умозрительной модели;
- Изменение временных и/или пространственных характеристик умозрительной модели.

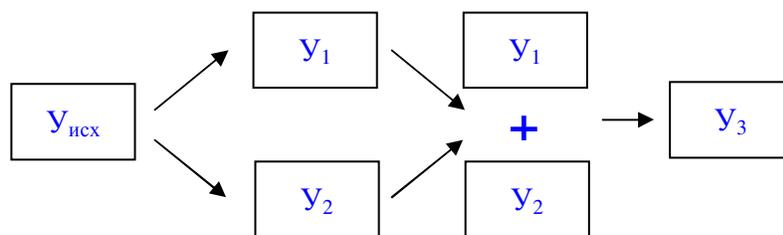
Изменение возможно без возникновения, либо с возникновением противоречий.

В результате изменений получена улучшенная умозрительная модель, т.е. более идеальная, более жизнеспособная. Такое улучшение может производиться неоднократно – по мере необходимости, что соответствует ранее предложенному переходу:



Теперь обратим внимание на Бл. № 5 «Объединение умозрительных моделей 1 и 2». Как сказано ранее, возможен вариант построения двух моделей, при котором у каждой модели свои достоинства и свои недостатки. Решение в этом случае – объединение моделей, что Бл. № 5 и предусматривает.

В общем виде это тоже было ранее описано:



В результате объединения формально получена новая умозрительная модель – даже если просто «сложить» две модели, то в результате возникнет новое качество. Это и составляет суть Бл. № 3 «Создание новой умозрительной модели».

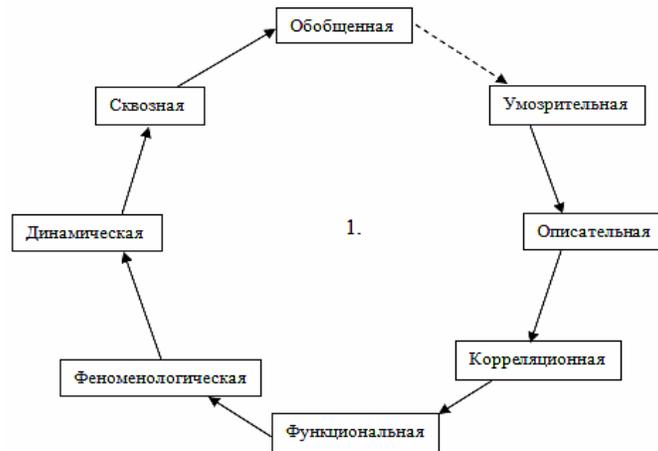
Полученная объединением новая умозрительная модель при первом же использовании превращается в существующую (на УСЭ это показано переходом Бл. № 3 → Бл. № 4). Естественно, эта модель имеет свои достоинства, доставшиеся ей «по наследству», и, увы, недостатки. Например, избыточные элементы, что типично для процесса объединения. Но как быть в этом случае понятно: переход к Бл. №№ 6 и 7...

Но на Бл. № 3 «Создание новой умозрительной модели» можно выйти сразу с Бл. № 2 «Пониженная идеальность умозрительной модели». Это произойдет в том случае, если

⁸ Кстати, в эти направления входит и свертывание (тримминг) $\mathcal{E}_{\text{ключ}}$.

Т.к. «... Штирлиц знал, что из разговора запоминается только последняя фраза», то резюме к сказанному:

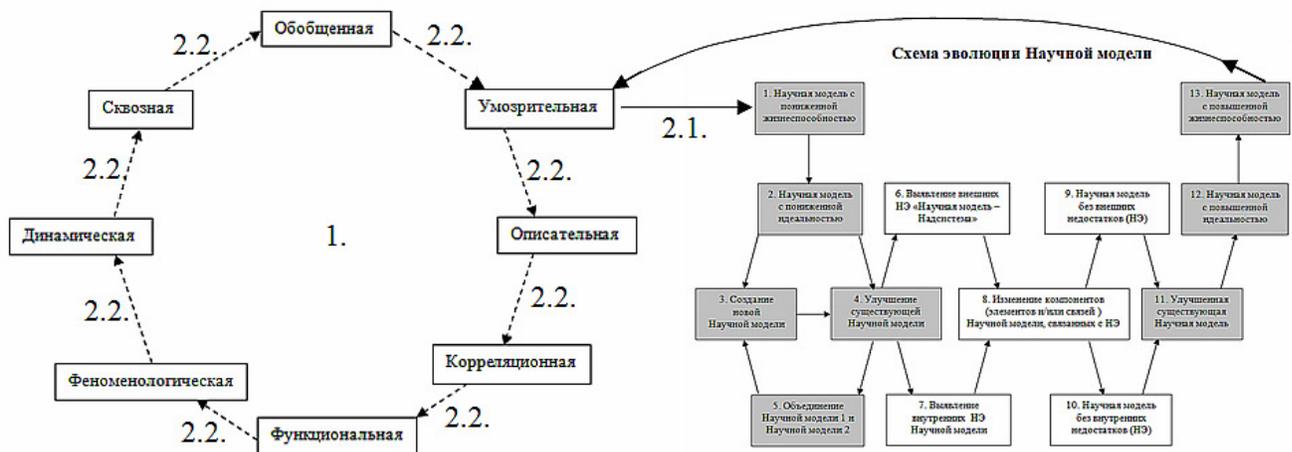
1. А.И.Привень и А.Т.Кынин предлагают считать, что научные модели последовательно проходят следующие стадии: умозрительная, описательная, корреляционная, функциональная, феноменологическая, динамическая, сквозная и обобщенная.



2. А.Захаров предлагает считать, что:

2.1. Эволюция научной модели любого уровня (умозрительная, описательная и т.д.) может быть представлена с помощью Универсальной схемы эволюции (УСЭ).

2.2. Переход от научной модели предыдущего уровня к последующему (умозрительная → описательная, описательная → корреляционная и т.д.) происходит после исчерпания возможностей улучшения научной модели предыдущего уровня.



2.3. Согласно логике УСЭ, возможно объединение научных моделей, по крайней мере, соседних уровней: умозрительная + описательная, описательная + корреляционная и т.д., с последующей эволюцией такой «межуровневой» научной модели по УСЭ.