

Методика дальнего прогнозирования технических систем на основе анализа надсистемных требований

*С.Л. Горобченко, к.т.н.,
г. Санкт-Петербург*

ТРИЗ уже давно называют прикладной диалектикой. Множество сильных решений в области дальнего прогнозирования технических систем* (*Термин "дальнее прогнозирование" введен С.С. Литвиным и О.М. Герасимовым в 1989 г.) было предложено на основании использования приемов, характерных для диалектического метода. Кроме хорошо освоенного Системного оператора и лестницы диалектического развития систем (см. ГС. Альтшуллер, Творчество как точная наука, М., Радио, 1979) развиваются как более общие подходы к применению приемов, читаемых практически из Гегелевской "Науки логики" и "Философских тетрадей" Ленина, (Кудрявцев А. и др.), так и изучаются методы прогнозирования на основе отдельных законов, например, развития по спирали и определения особенностей повторов в развитии технических систем (Ю. Даниловский). Широко известна полемика о развитии ТРИЗ и диалектике (А. Кудрявцев и В. Авдевич). Методики дальнего прогнозирования, основанные на поиске ключевых противоречий разрабатываются в работах В.М. Петрова, в системе законов развития техники на основе ЗРТС Ю. Саламатова, в обобщенной схеме развития ТС Е. Смирнова, определении связи диалектических законов и законов развития технических систем (Кашкаров А.Г.) и др. Опыт создания методик точного определения проблемной задачи из исходной ситуации, верного выбора концептуальных направлений и, в целом, выявления тенденций развития и прогнозирования будущего технических систем также интенсивно развиваются в концепции КВКН и технологии анализа эволюции систем (А.В. Кислов).

В работе предлагается метод прогнозирования, учитывающий возможность выбора наиболее сильного движения технической системы (ТС), исходя из нахождения, анализа и прогноза развертывания главного противоречия, лежащего в основе ТС.

Собственно ключевое техническое противоречие и требование разрешения этого ключевого противоречия технической системе задано надсистемой. Так, по сути, любая вещь или ТС рождается как устранение некоторого противоречия в потребностях надсистемы, а ее существование, развитие и "смерть" обусловлены существованием и исчерпанием противоречия, положенного в ней также надсистемой. В процессе развертывания технической системы в ней действуют основные законы диалектики, сопровождаемые теми или иными закономерности развития технических систем и иерархически связанные с ними.

Общее развитие ТС под управляющим действием надсистемы, может быть описано фундаментальным взаимодействием рода и индивида, который приобретает в роде и жизнь, и развитие, и, в конечном счете, умирает, уступая свое место будущим поколениям. При этом носителем надсистемных требований может быть одна из главенствующих на сегодняшний момент технических систем, как показано на рис. 1.

Среди основных критериев взаимодействия на каждом этапе взаимодействия могут быть выделены:

- Показатель идеальности системы. Он отражает не только внутреннее совершенство ТС, но в большей степени качество выполнения главной полезной функции как основного требования надсистемы.
- Уровень взаимодействия надсистемы и системы.
- Количество разновидностей ТС, пытающихся осуществить главные надсистемные требования.

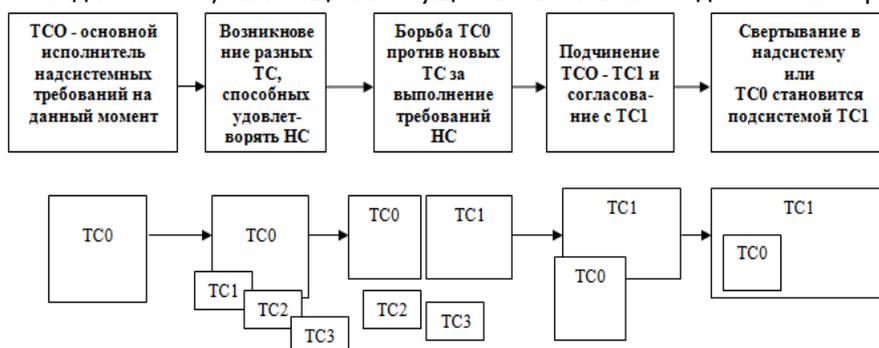


Рис. 1. Развитие форм технических систем в зависимости от изменения надсистемных требований: НС - надсистема; TCO - предшествующая ТС, являющаяся основным носителем надсистемных свойств; TS1 - развивающаяся ТС; TS2, TS3...TSn - технические системы, возникающие и умирающие в связи с подавлением их со стороны TCO и TS1.

- Уровень потребления требуемых ресурсов надсистемы.
- Уровень внутрисистемных связей, которые могут сделать систему автономной по отношению к требованиям надсистемы и тем самым вступить с ней в противоречие.
- Рентабельность системы по отношению к надсистемным требованиям.

Основные этапы взаимодействия надсистемы и технической системы, определяющие ее развитие, показаны в табл.1.

Предрождение. На этапе предрождения ТС происходит накопление противоречий в надсистеме, осознаваемых в виде потребностей, которые требуют своего разрешения. В тоже время появляются предварительные условия существования ТС - от материалов, технологий и до политических условий. В случае отсутствия "критической " массы условий, появление ТС пока возможно только в виде гипотезы, патентов и опытных образцов. ТС может находиться в элементах надсистемы или подсистем существующей главенствующей ТСО и быть невостребованной. Ресурсы, требуемые от надсистемы на решение задачи, для которой предназначена будущая ТС, еще слишком велики.

Табл. 1. Основные этапы взаимодействия надсистемы и технической системы

Этап развития ТС	Основные взаимодействия надсистемы и системы	Примеры
Пред-рождение	Накопление противоречий в надсистеме	Множество нереализованных патентов, фантастика, технологии на основе несуществующих материалов и пр. Проведение конкурсов со стороны различных организаций - потребителей - "обобщенной потребительской надсистемы", где потребности в появлении новой ТС наиболее выражены
Рождение	Переход к окончательному появлению ТС среди множества конкурирующих, но "преходящих" ее форм	В начальные моменты рождения ТС рождается и умирает сотни ее новых форм. Патент на винтовой компрессор был выдан в 1858 г., тогда как его реальное использование началось с 20-х годов 20-го века
Рост	Вписывание ТС в надсистему Давление со стороны конкурирующих ТС - носителей требований надсистемы	Новые виды компрессоров часто появлялись и выигрывали тендеры как необходимость большей компактизации и, соответственно, отвечали надсистемным потребностям в экономии места при большей мощности
Зрелость и стабилизация	ТС становится стандартом носителя надсистемных требований. Рост зачет "гигантомании"	Пример. Крейцкопфный компрессор - настоящий монстр среди поршневых компрессоров (ПК), после которого не появилось ни одной удовлетворительной формы ПК на большую производительность.
Спад	Неизбежные противоречия между возросшими требованиями надсистемы и ограниченной формой ТС. Спад, гибель или переход в надсистему.	Большинство компрессоров заняло свои ниши по производительности и степени давления во всех областях применения.

Рождение ТС. На этапе рождения ТС происходит переход к окончательному появлению ТС среди множества конкурирующих, но преходящих ее форм, таких как ТС₂, ТС₃,...ТС_n. Большинство ТС рождаются в виде необходимости удовлетворения надсистемных требований. При этом множество разновидностей ТС пытаются предлагать для решения надсистемной задачи принципиально разные решения. Реальное существование приобретает та ТС, для которой надсистемой созданы практически

все условия вписывания в существующую окружающую среду. К окружающей среде относится т.н. деловое и потребительское ближнее и дальнее окружение, а не только и не столько природная среда. Ресурсы, предоставляемые надсистемой для развития ТС, меньше, чем расходы, которые она тратила ранее, что и создает основы для развития пока еще бездоходной и недостаточно жизнеспособной новой ТС. В первую очередь новой ТС1 вытесняется та ТС0, которая в наибольшей степени не соответствует возросшим требованиям надсистемы. При развитии лидерских качеств новой ТС1 развитие других, альтернативных ей ТС (ТС2, ТС3,... ТСn), замедляется или деградирует вовсе. Возможен также и компромиссный вариант, когда ряд устройств новой ТС использует наработанные узлы старой ТС.

Рост ТС. Усиливается давление со стороны других ТС, в частности, прямо конкурирующей предшествующей ТС0, которые до этого момента воплощали собой удовлетворение основных потребностей надсистемы. Растут затраты, связанные с вводом новой ТС1 в жизнь за счет новых барьеров, которые создаются как старыми ТС, так и собственно разными надсистемами при экстенсивном росте ТС1 и попытке освоения ею новых областей. Идет масштабная борьба старой ТС0 с новой для удовлетворения конкретной потребности. Силу новой ТС1 дает появление уникальной проблемы в надсистеме, которая может быть решена только силами рождающейся ТС. Происходит вписывание ТС в надсистему и ее гармоничная интеграция. Подсистемы новой ТС1, сквозные требования надсистемы в которых не удалось выполнить, заменяются на подсистемы, более соответствующие надсистемным требованиям. Надсистемные ресурсы разумно тратятся на развитие и жизнь новой ТС. Развитие функциональности ТС1 сглаживает требование надсистемы об уменьшении потребления ресурсов.

Зрелость и стабилизация. ТС1, достигшая этого уровня, становится стандартом или устойчивым материальным воплощением для удовлетворения потребности надсистемы. Происходит насыщение потребности и, одновременно, в связи с развитием потребностей надсистемы, накапливаются противоречия между внутренним содержанием развития надсистемы и формой ТС, которая должна служить этому развитию. Попытки улучшить ТС приводят к росту потребляемых ресурсов из надсистемы. Рождаются все новые стандарты на применение ТС, обеспечивающие ее широкое внедрение. Наличие барьеров для входа других ТС, создаваемых утвердившейся ТС. Начало противоречий со многими надсистемными требованиями и более отдаленными надсистемами, включая экологическую и пр. Лоббирование интересов ТС в надсистеме за счет специализированных технических решений, создающих барьеры, или простого давления за счет своей обособленности ТС. Попытки подчинить надсистемные элементы требованиям элементов собственно ТС. Увеличение количества элементов и подсистем в ТС, непосредственно не связанных с выполнением функций надсистемы, появление "собственного" пути системы, не способствующего выполнению требований надсистемы. Достижение ТС несоразмерно больших размеров для выполнения достаточно простых функций.

Спад. Противоречие между возросшими требованиями надсистемы и ограниченной и уже неэластичной формой ТС становится неизбежным. Одновременно появляются потребности надсистемы и ее требования, которые не могут быть удовлетворены ограниченной формой ТС. Ресурсы, включая высокоспециализированные, предоставляемые надсистемой на обеспечение работы ТС, становятся чрезмерными и несоразмерными с отдачей от ТС и выполнения ею главной полезной функции, заданной надсистемой. Свертывание как ТС, так и всех ее разновидностей, идет, в основном, по требованию надсистемы и заключается в снижении затрат и используемых ресурсов. Свертывание также идет по полезности и функциональности и за счет стандартизации и унификации элементов - за счет их упрощения, а не совершенствования. Экономия достигается за счет экономии на масштабе и также за счет еще большей стандартизации ТС и использования упрощенных и унифицированных элементов ее подсистем. Ограниченные формы ТС, уже исчерпавшие возможности своего развития, начинают отбрасываться надсистемой. В виде устаревания, хронических болезней и недостатков ТС, а также благодаря активному захвату поля действия предыдущей ТС, новая ТС уверенно вступает на ее место. ТС уже больше не согласована с развившимися новыми ТС, лучше выполняющими надсистемные требования и полностью исчезает.

Алгоритм дальнего прогнозирования

В настоящее время, как отмечено в работе "Анализ эволюции систем" (МУНТТР, курс Технология развития систем, Кислов А.В. 2015), весьма частым явлением при анализе направлений проектов является простой перебор законов ТРТС, которые могли бы быть применены к анализу и прогнозированию развития конкретной системы, что можно также назвать и методом "проб и ошибок" на уровне ТРТС. Чтобы найти наиболее сильные движения ТС, может быть предложен следующий алгоритм на основе выявленных в процессе анализа компрессоров как ТС, развивающейся под давлением надсистемных требований. (см. Горобченко С.Л. Дальнее прогнозирование развития

технических систем на основе анализа надсистемных требований на примере компрессоров. – В сб. материалов конф. «Три поколения ТРИЗ», Санкт-Петербург, 2015.)

Алгоритм дальнего прогнозирования развития технических систем
на основе учета надсистемных требований

1. Выделить основные части ТС и ключевое противоречие, соответствующие надсистемным требованиям, положенным в основу существования данной ТС.
2. Определить стороны противоречия, отвечающие за количественную и качественную характеристики.
3. Определить характер поступательного развития содержательной, как правило, динамической стороны ТС и формообразующей стороны ТС, которая при достижении определенного предела должна быть изменена.
4. Выделить ЗРТС, отвечающие за развитие части ТС, соответствующей надсистемным требованиям и отвечающие за совершенствование внутренних характеристик ТС.
5. Диагностировать момент, когда техническая система наталкивается на непреодолимые физические противоречия, которые, как правило, не могут быть разрешены в рамках существующей ступени развития ТС, и которые являются исходным пунктом для начала развития следующей формы ТС.
6. При рассмотрении основных форм ТС диагностировать момент, когда в технической системе заметно не саморазвитие основных элементов системы, а в большей степени развитие вспомогательных подсистем, на которые уходит большая часть ресурсов, предоставляемых надсистемой.
7. Среди ТС - лидеров по отношению к анализируемой ТС - рассмотреть те, которые уже решили или имеют наработки по решению задачи, стоящей перед данной ТС. Найденные там решения должны послужить прототипом для решения задачи в развитии анализируемой ТС.
8. Использовать проанализированный материал по п. 4-7 для определения момента исчерпания всех форм ТС в рамках определяющих ее "жизнь" надсистемных требований и завершения ее существования.
9. Сформулировать главную линию и образ будущего направления развития новой ТС, которая должна появиться на месте "умирающей".

Пример разработки дальнего прогноза компрессоров

№	Этап	ТС компрессор
1	Выделение основных частей ТС и ключевого противоречия	Ключевое противоречие ТС "Компрессор" - противоречие между сторонами давления - всасывания и нагнетания (статическая и формообразующая сторона противоречия) и производительностью, которую должен обеспечить компрессор (содержательная сторона противоречия)
2	Определение сторон ключевого противоречия, отвечающего за количественную и качественную характеристики внутри содержательной характеристики противоречия	Объемная и динамическая производительность
3	Определение характера развития сторон ключевого противоречия	Рост динамической производительности опережает объемную производительность и сопровождается повышением скорости вращения ротора
4	Выделение ЗРТС, отвечающих за развитие части ТС, соответствующей надсистемным требованиям	Динамизация. Переход на микро-уровень Повышение проводимости энергии и потоков Объединение альтернативных систем и надсистемные переходы

5	Диагностика момента приближения к преодолимым для ТС физическим противоречиям	Достижение предельных характеристик: - вибрации и устойчивости клапанов впуска для поршневых компрессоров - прочности материалов при динамическом способе сжатия; - пределы скорости по числу Маха и др. (центробежные и осевые компрессоры)
6	Диагностика превалирующего развития вспомогательных и внешних систем	Момент перехода со стандартных электроприводов на паро - и газотурбинные приводы в осевых компрессорах
7	Определение ТС - лидеров и способов решения подобных задач	Энергетические турбины Решение - переход на МГД генераторы
8	Определение момента исчерпания всех форм ТС	Исчерпание всех принципов механического сжатия и устойчивое развитие технологии МГД, соответствующее дальнейшему переходу рабочего органа на микроуровень (ионизированный газ). Использование нового осваиваемого принципа должно привести к дальнейшему качественному скачку.
9	Формулирование главной линии и направления развития будущей ТС	Рабочий прогноз: дальнейшая динамизация перекачки или сжатия рабочей среды и больших объемов газа (бывшая ТС "Компрессор") за счет разгона рабочей среды при помощи ионизированных газов. Ключевая технология - МГД

Заключение

Подход к дальнему прогнозу технических систем на основе анализа развития надсистемных требований, который мы продемонстрировали на примере компрессоров, позволяет лучше увидеть те задачи и требования, которые сейчас и в будущем должна будет выполнять ТС. Этот же подход позволяет отделить ложные или малозначимые тенденции от магистрального пути развития технической системы под давлением надсистемных требований.

Создание прогнозов на основе анализа тенденций развития надсистемных потребностей, создающих основные требования к ТС, может послужить хорошей службой для разработки перспективных моделей ТС в долгосрочной перспективе, а также позволить точнее выявить основную ТС, являющейся носителем надсистемных требований. Запас прочности прогноза при этом создается анализом долгосрочных требований надсистемы, положенных в основу развития различных форм технических систем и ключевых противоречий, закладываемых в них надсистемами, в которые входит анализируемая техническая система.