

Плаксин Михаил Александрович

г. Пермь

Пермский филиал НИУ Высшая школа экономики (НИУ ВШЭ-Пермь)

**Основы ТРИЗ, системного анализа и управления проектами как
необходимые компоненты инженерной культуры**

Аннотация: Пропедевтика инженерной культуры в школе не должна ограничиваться знакомством со школьной робототехникой. Необходимо освоение других компонент инженерной культуры, таких как ТРИЗ, системный анализ, управление проектами и др. Обсуждается возможное содержание этих компонент и возможность их изучения с помощью «пермской версии» пропедевтического курса информатики («ТРИЗформатики») и конкурса «ТРИЗформашка».

Ключевые слова: ТРИЗ, системный анализ, управление проектами, инженерная культура, пропедевтика, образование, ТРИЗформатика, ТРИЗформашка

В решении конференции «Пропедевтика формирования инженерной культуры учащихся в условиях модернизации Российского образования», прошедшей в Челябинском государственном педагогическом университете 4-5 декабря 2014 г. [1], было зафиксировано, что в настоящее время в пропедевтике формирования инженерной культуры учащихся в рамках средней школы ведущую роль играет линия образовательной робототехники. Она наиболее обеспечена организационно, технически и методически, наиболее подготовлена к внедрению в школу. На сегодня именно она служит точкой роста для формирования инженерной культуры вообще. Вместе с тем, понятие «инженерная культура» имеет интегративный, многофакторный характер. Кроме робототехники она включает в себя и другие образовательные линии: ТРИЗ, управление проектами, эргономику, дизайн и др. По мере подготовки

методического обеспечения эти линии должны быть включены в образовательный процесс.

За прошедший год ситуация принципиально не изменилась. Робототехническая линия сохраняет несомненное первенство со значительным отрывом. В методическом обеспечении остальных линий прорывов не произошло.

1. Задача про коробочку: отсутствие системного подхода делает работу бессмысленной

Надо отметить, что недостаток «системной культуры» присущ отнюдь не только школьному уровню инженерии. Печальный пример, который подтверждает данное утверждение. В течение многих лет автор учил в различных вузах студентов различных инженерных специальностей, а на курсах повышения квалификации – и профессиональных инженеров. И одно из любимых заданий, которое автор регулярно использовал для проверки уровня инженерной культуры, выглядело так: из листа бумаги формата А4 сложить коробочку максимального объема, имеющую форму прямоугольного параллелепипеда, без крышки (то есть коробочка должна состоять из дна и четырех стенок). Ни разу (!) учащиеся не повели себя правильно! Ради справедливости надо отметить, что опытным инженерам автор эту задачу не задавал, только недавним выпускникам политехнического университета. Стандартное поведение человека, получившего задание сложить коробочку, заключается в том, что он берет листок бумаги и начинает его перегибать тем или иным образом. В результате у большинства действительно получается прямоугольная коробочка. Но ни разу (!) ни один человек не задумался о ее объеме. Между тем задание звучит совершенно однозначно: не просто «сложить коробочку», а «сложить коробочку максимального объема». Только после окончания работы нескольких учащихся автор просит их определить объем сложенных ими коробочек. И тут оказывается, что объем у каждого свой. Чья-то коробочка сразу не является самой объемной, то есть изначально не

удовлетворяет требованиям задачи. Чья-то имеет объем, максимальный среди сложенных коробок. Но нет никаких оснований считать, что этот объем является максимально возможным.

Ни один студент, и даже (молодой) инженер не начал с построения простейшей математической модели.

h	a	h
h		h
b		
h		h
h		h

$$v(h) = (a - 2h)(b - 2h)h$$

После подсказки преподавателя и по его указанию такую модель построить удавалось. Тот факт, что модель не полна, поскольку не содержит ограничений на возможное значение h , замечен не был ни разу!

Дальше обнаруживался следующий провал. Огромное число студентов инженерных специальностей и (молодых) инженеров оказывалось не в состоянии провести аналитическое исследование

указанной функции на предмет определения ее экстремумов. Про связь экстремумов функции с нулем производной учащиеся вспоминали (зачастую, хотя и не всегда) по подсказке преподавателя. В данном случае для нахождения нуля производной требуется решить квадратное уравнение. И это могло оказаться (хотя, к счастью, не всегда) непреодолимым препятствием для профессиональных инженеров!

Но и это не все! В конце концов, в данном случае – для листа бумаги А4 – задачу можно просто решить, вообще не зная математического анализа. Достаточно построить таблицу значений функции $v(h)$. А если использовать для этого электронные таблицы, то исчезают последние сложности, связанные с объемом вычислений. Здесь печальный опыт заключается в том, что несколько раз студенческая группа предпочитала вычисления вручную на калькуляторе построению таблицы (а уж тем более, графика!) в Excel'e.

Где-то в это время обнаруживалась неполнота исследуемой модели. При решении квадратного уравнения у него оказывалось два корня. При табулировании функции в Excel'е вставал вопрос о максимальной возможной высоте стенок (зачастую студенты ее лихо проскакивали и получали коробочку отрицательного объема). И в том, и в другом случае оказывалось, что второй корень не удовлетворяет ограничениям, накладываемым на высоту стенок (больше нуля, но меньше половины наименьшей из сторон прямоугольника).

В данном случае речь идет не столько о низком уровне математической культуры (которая также является частью культуры инженерной), сколько о полной неосведомленности в базовых принципах системного анализа. В системном анализе действует принцип предварительного моделирования, который предписывает прежде, чем выполнять преобразования с реальной системой выполнить эти же преобразования с ее моделью. Заметим, что если бы коробочку требовалось изготовить не из бумаги, а из другого материала (скажем, из жести), складывание коробочки из бумаги само по себе было бы моделированием. При выполнении задания повсеместно преобладал лозунг «Думать некогда, работать надо!», который также повсеместно делал выполненную работу бессмысленной.

Автор предлагает всем читателям, имеющим отношение к обучению студентов инженерных специальностей или инженеров, повторить вышеописанный опыт. Очень хочется, чтобы полученные результаты разошлись с опытом автора.

2. «Бои роботов» на Пермском инженерно-промышленном форуме: от упущенных возможностей по популяризации инженерной культуры к пропаганде «инженерного варварства»

Без системного подхода дает сбой и сама робототехника. Полученные с ее помощью результаты не только не являются оптимальными, но могут просто противоречить задачам воспитания инженерной культуры и популяризации ее среди подрастающего поколения.

Для пояснения этой мысли рассмотрим такое мероприятие, как «бои роботов», которое было проведено в рамках Пермского инженерно-промышленного форума, прошедшего в Перми 12-13 ноября 2015 г. [2].

Поскольку бои роботов явление для России новое, стоит дать их краткое описание. Суть их в том, что каждый из роботов-гладиаторов должен в ходе схватки нанести противнику как можно более тяжелые повреждения, в идеале – вывести его из строя. Каждый бой длится один раунд. Продолжительность боя ограничена. Бой может быть выигран «по очкам» (которые начисляет жюри) или прекращен в случае очевидной победы («нокаутом») или за явным преимуществом (например, если один из роботов оказывается обездвижен).

Бои происходят на площадке, огороженной горизонтальными металлическими балками (чтобы роботы не могли за них выехать) и пластиковыми стенами (чтобы в зрителей не попали отбитые в ходе схватки куски обшивки).

Бойцовый робот представляет собой невысокую тележку. Он имеет двигатель, ходовую часть, управление, вооружение, защиту. Двигатель может быть электрическим или внутреннего сгорания. Он должен обеспечить движение самого робота и его оружия. Опирается робот-гладиатор на колеса или комбинацию колес и роликов. Теоретически возможен гусеничный ход. Но этот вариант слишком сложен для исполнения, а скорость и маневренность получается слишком низкой. Управляется робот по радио одним из членов команды, как детские радиоуправляемые модели. Собственным интеллектом и какими-либо сенсорами он не обладает. В качестве вооружения используются пилы, фрезы, вращающиеся рейки, копья, пневматические манипуляторы для подбрасывания противника. «Броня» может быть металлической или пластиковой. Форма «тела» робота – наклонные стенки вместо вертикальных – может помочь уклониться от удара и помочь перевернуть противника.

Вес робота, как правило, около 60-ти килограммов, скорость – 6-8 км/час. Хотя могут быть модели и более легкие, и более быстрые (в Перми один из гладиаторов весил 45 кг и двигался со скоростью 15 км/час).

Видеозапись пермских «боев» представлена на сайте [3].

Пермский инженерно-промышленный форум отразил целый ряд направлений, находящихся на стыке производства, науки и образования. Для данной статьи интересен тот факт, что на форуме было представлено множество мероприятий, содержащих научную компоненту, отражающих все перечисленные выше линии инженерной культуры (управление проектами, системный подход и пр.). В качестве примеров назовем круглый стол «Бережливое производство и имитационное моделирование», инновационный бой стартапов, питч-сессию инновационных проектов «Убедить за 180 секунд».

Логично было ожидать, что «Бои роботов» будут выстроены в этом же контексте, в духе «научного шоу», соединяющего развлекательную и научную компоненты. То, что это возможно, прекрасно продемонстрировали когда-то шедевры советских научно-популярных передач «Очевидное – невероятное» и «В мире животных», целый спектр научно-популярных журналов от «Юного натуралиста» и «Юного техника» через «Технику – молодежи» и «Знание – сила» к «Науке и жизни», «Кванту», «Химии и жизни». На сегодня у всех перед глазами находятся такие высокоуровневые образцы, как передачи каналов «National Geographic», «Viasat History», «Animal Planet», «Da Vinci Learnig».

Как это – объединение науки и развлечения – могло бы выглядеть в данном случае? (Напомним, что речь идет не о случайной публике, а о посетителях Инженерно-промышленного форума.)

Первое. Действующий в системном анализе принцип проблемности требует явно и четко сформулировать решаемую проблему и всю деятельность сосредоточить именно на решении этой проблемы. Область применения роботов чрезвычайно обширна и включает в себя множество задач, требующих весьма высокого интеллектуального уровня. Именно высокоинтеллектуальные роботы должны дать наибольшую отдачу в народном хозяйстве нарождающегося в настоящее время в России информационного общества. Именно такие роботы должны привлекать наибольший интерес и наибольшие вложения. Роботы-гладиаторы интеллектом явно не блещут. С точки зрения

«боевых роботов», разрабатываемых для нужд армии и других силовых структур, полезность роботов-гладиаторов также весьма сомнительна. Возникает вопрос: почему такое внимание уделено именно этой категории роботов? Какую практическую значимость имеет разработка роботов-гладиаторов? Скорее всего, эта значимость есть. Но она – не очевидна. Кому-то из организаторов имело смысл выступить перед зрителями с соответствующими разъяснениями. Лучше всего для этого подошел бы «научный директор» мероприятия. Но есть подозрение, что организаторам вообще не пришла в голову необходимость такой роли.

Второе. Все роботы-гладиаторы имеют разную конструкцию. Эта конструкция чем-то обоснована. Каждый робот является результатом изобретательской деятельности и научных исследований своей команды, создавался в расчете на определенный порядок функционирования. Создатели каждого робота рассчитывали на некоторую тактику боя, готовились определенным образом нападать на противника и противостоять его атакам. В соответствии с этими расчетами определялось вооружение робота, его скорость, вес и другие характеристики.

Например, одним из способов нападения является переворачивание робота-противника на бок или на спину. Однако переворачивание на спину не страшно для роботов, симметричных относительно горизонтальной плоскости. То есть для роботов, у которых отсутствуют верх и низ, «спина» и «живот». При перевороте на спину такие роботы продолжают бой, как ни в чем не бывало. Атакующая сила противника, рассчитывавшего на победу за счет переворачивания, резко уменьшается. Надежда только на то, что такого симметричного робота удастся уложить не на спину, а на бок.

Для «научного шоу» было бы логично перед началом боев представить зрителям каждого из бойцовых роботов, продемонстрировать его боевые качества, обосновать его устройство, рассказать, как именно велся поиск конструкции, какие расчеты пришлось выполнить в ходе работы. При этом максимально проявился бы комплексный характер работ по созданию боевых

роботов (расчет ходовой части, «брони», вооружения, управления, желаемых качественных и количественных характеристик).

В данной позиции требования «научности» шоу вступают в некоторые противоречия с требованиями развлекательности. Во-первых, не исключено, что какие-то из особенностей своего робота его создатели предпочли бы оставить в секрете до самого боя. Скорее всего, это противоречие можно было разрешить. Значительная часть параметров каждого робота-гладиатора и так была известна. А что-нибудь наиболее «изюмистое» можно было обнародовать уже в ходе боев после того, как соответствующее свойство робота было проявлено на практике.

Во-вторых, научный стиль представления мог показаться скучнее развлекательного. Но и это – не факт. Ведь зрителями «боев» были не случайно забредшие люди с улицы. В основном это были посетители Инженерно-промышленного форума, которые только что представляли на мероприятиях форума результаты своего труда или знакомились с достижениями коллег. Для них рассказ о научной и проектной работе, скорее всего, был бы интересней, чем бессмысленное затягивание времени бесконечными криками ведущих, позаимствованное с вечеринок в ночных клубах.

Третье. Комментарий к ходу боя должен даваться в тех же терминах, в которых давалось описание роботов. Комментатор может пояснить, какие из запланированных конструкторами робота результатов достигнуты, а какие гипотезы были опровергнуты. А для этого комментатор должен обладать достаточно высоким уровнем знаний в области роботостроения вообще и бойцовых роботов в частности.

Четвертое. В том же духе должен проводиться «разбор полетов» после завершения боя.

Ровно ничего из этого на Пермском инженерно-промышленном форуме проделано не было. Научная часть «боев роботов» была провалена начисто. Точнее, организаторам «боев» вообще не пришло в голову, что такая часть

имеет место быть. Вместо «научного шоу» публике были предложены «гладиаторские бои». Ведущим было совершенно все равно, кто находится на ринге: бойцовые роботы, бойцовые псы, бойцовые петухи, или люди-бойцы, ведущие «бои без правил». Организаторы полностью упустили блестящую возможность популяризации инженерной культуры.

Все сказанное можно отнести к категории «упущенной выгоды». Но дальнейшие действия организаторов «боев» невозможно охарактеризовать иначе, чем пропаганду «инженерного варварства».

Бои проводились в три тура (четвертьфинал – полуфинал – финал) по олимпийской системе (проигравший – выбывает) с некоторыми «развлекательными поправками» (типа Интернет-голосования зрителей). В четвертьфинале в каждой схватке участвовала пара роботов, в двух полуфинальных боях в каждом участвовало сразу по три робота, в финале – снова по два. Варварство началось по окончании первого полуфинального боя и продолжалось до конца шоу.

По окончании первой полуфинальной схватки неожиданно прозвучало, что ринг покидает только робот-победитель. Два проигравших робота остаются на месте. После этого на площадке появился человек, который лучше всего определяется словами «накачанный детина», с кувалдой. Ведущие заявили, что проигравшие роботы подлежат уничтожению и предложили зрителям проголосовать за «казнь» каждого из роботов или за то, чтобы «сохранить ему жизнь». Голосовать предлагалось опущенным или поднятым большим пальцем (как на гладиаторских боях в Древнем Риме) или выкрикиванием звуков «у» или «а». Итоги голосования определялись ведущими «на глазок». Было объявлено, что первого робота большинство пощадило, а второго потребовало уничтожить. После чего «накачанный детина» начал разбивать робота кувалдой. Аналогичная картина повторилась после второго полуфинального боя. А затем и после финала. Разница была только в том, что после последней схватки уничтожению подлежал только один робот. И уж ему-то от «детининой» кувалды досталось «по полной».

Охарактеризовать это действие иначе, как варварство, невозможно! Любой робот является результатом огромного труда чисто физического (его надо было изготовить из металла и пластмассы), но еще больше – интеллектуального, инженерного. Робот – продукт инженерного творчества: изобретательства, расчетов, экспериментального поиска. И все это было пущено на слом. Самым варварским способом. Причем ответственность за эту дикость была переложена на зрителей. Каковые, впрочем, не сопротивлялись.

Если исходить из логики соревнований, то самыми худшими являются роботы, выбывшие в первом туре. Следующими по качеству следует считать тех, что вышли в полуфинал. Далее – двух вышедших в финал. Из которых по итогам финальной схватки выделился самый лучший и второй по качеству. (Надо отметить, что автору такой способ оценки качества представляется сильно спорным, но логика соревнований диктует именно его.) Так вот, самым худшим (по логике соревнований) роботам, проигравшим четвертьфинальные бои, было позволено благополучно покинуть ринг. Уничтожению подвергся робот, занявший второе место (вышедший в финал, но проигравший финальную схватку, то есть «серебряный медалист»), и роботы, занявшие третье, четвертое, пятое и шестое места (вышедшие в полуфинал, но проигравшие полуфинальную схватку). То есть из шести лучших роботов организаторы предложили уничтожить пять! (Тот факт, что в реальности не все эти роботы были уничтожены, заслуга не организаторов шоу, а зрителей, проголосовавших против уничтожения некоторых роботов.)

Такой акт вандализма явился совершенно неожиданной концовкой шоу, первоначально претендовавшего и дававшего надежду на статус научного.

Но речь идет не только об «инженерном варварстве». Речь идет о воспитании в подрастающем поколении вполне определенного отношения к результатам труда инженеров, к результатам инженерного творчества. Для автора данного текста символом «Боев» стали кадры трансляции, на которых два ребенка, один лет десяти, второй – еще дошкольник, с гримасками на лицах размахивают опущенными вниз пальцами, требуя уничтожения робота,

проигравшего финальную схватку, а за их спиной видна мама, с удовольствием наблюдающая за тем, как ее дети увлеченно требуют чьей-то смерти (на видеозаписи [3] это примерно полторы минуты: 7 час. 26 мин. – 7 час. 27 мин.).

Печально то, что «Бои роботов» были официально представлены как первые в России. Это означает, что организаторы всех последующих боев будут оглядываться на то «как это было в Перми». Волей неволей пермский формат боев будет впредь рассматриваться как некий образец. То есть велика опасность, что все негативные качества пермских боев будут тиражироваться и дальше.

3. «Минимум» по системному анализу, ТРИЗ и управлению проектами, предлагаемый для включения в курс «инженерной культуры»

В данном разделе описан «минимум» по системному анализу, ТРИЗ и управлению проектами, который автор предлагает включить в интегрированный курс «инженерной культуры». За базу предлагается взять проектный подход. Элементы системного анализа и ТРИЗ включаются в проектную тематику.

1. Проблемы

Любой проект начинается с идеи. Источник идей – проблемы.

Проблема – это несоответствие желаемого и действительного.

Если есть проблема – если Вас что-то не устраивает – это повод, чтобы начать что-то делать для устранения этой проблемы.

Принцип проблемности: необходимо явно и четко сформулировать решаемую проблему и всю деятельность сосредоточить именно на решении этой проблемы; действия, не связанные с решением поставленной проблемы, выполнять не нужно.

2. Цели

Перед тем, как начать что-то делать, следует сформулировать цель.

Цель – это «предвиденный результат» Вашей деятельности, предсказанное будущее.

Первый шаг к формулировке цели – переход от проблемы к ее отрицанию. Цель как «отрицание проблемы». Поскольку мы собираемся проблему решить, то естественно в качестве решения ждать того, что проблема исчезнет.

Однако на этом формулировка цели не кончается. Дело в том, что очень редко удастся решить проблему «навсегда, на все случаи жизни». Как правило, проблема решается для некоторого набора ограничений (на некоторой территории, для некоторой целевой группы, для некоторого промежутка времени и т.д.). При формулировке цели все эти ограничения должны быть указаны. То есть цель показывает «до какой степени» Вы намерены решить проблему.

Бывает полезно явно сформулировать «нецели», то есть те цели, к достижению которых стремиться НЕ надо.

Требования к целям. Цели должны удовлетворять так называемому SMART-критерию, то есть цели должны быть:

S – specific – конкретны.

M – measurable – измеримы. В каких единицах и каким образом Вы намерены оценивать степень достижения поставленной цели?

A – area-limited – ограничены в пространстве. Понятие «пространства» понимается максимально широко и зависит от решаемой проблемы. Например, это может быть «юридическое пространство», «математическое пространство» и т.д. Для буквы «А» существуют и другие расшифровки, которые тоже полезно иметь в виду: attractive (привлекательные), achievable (достижимые). Однако наиболее конструктивной является расшифровка area-limited.

R – resourcable – обеспечены ресурсами. Другая расшифровка – realistic (реалистичная). Однако она гораздо менее конструктивна. Именно обеспеченность ресурсами определяет, является ли цель реалистичной и достижимой.

T – time-limited – ограничены по времени. Это – важнейшее требование. Цель, для которой не назначен срок достижения, целью не является. Достигнута она может быть лишь случайно. Назначенный срок может быть неточным или ошибочным. Но он должен быть обязательно!

Проверять свойства цели лучше в обратном порядке: TRAMS. В этом случае гораздо легче оценивать, удовлетворяет ли цель предъявленным требованиям. Назначены ли сроки? Какие нужны ресурсы? В каком пространстве мы действуем и как мы ограничены в этом пространстве? Как будем измерять уровень достижения цели? После этого ответить на вопрос, является ли цель достаточно конкретной, трудностей, как правило, не вызывает.

Дерево целей. Главная цель проекта, как правило, одна (редко – две-три). Но эту цель бывает удобно структурировать: разбить на подцели, их, в свою очередь, на подподцели т.д. То есть построить дерево целей.

Для дерева целей надо иметь в виду два представления: выразительное, но неудобное для работы, и удобное для работы, но не очень выразительное. Первое – это изображение дерева в виде рисунка (графической схемы). Графическое представление может быть весьма выразительным. Но корректировать его очень неудобно. Эта форма записи дерева будет полезна, когда Вы будете представлять свою работу начальнику или заказчику. Второе представление – представление в виде многоуровневого нумерованного списка. Вложенность целей здесь отображается в виде составного номера. Корректировка многоуровневого списка в Word'e сложностей не вызывает. Обращаем внимание, что список обязательно должен быть нумерованным, а не маркированным. Маркированный список гораздо менее информативен.

SMART-анализ дерева целей удобно провести следующим образом. Многоуровневый список из текста преобразуется в таблицу из одной графы. Справа в эту таблицу вставляется еще пять граф, для которых записываются заголовки: TRAMS. После чего проводится SMART-анализ всех целей дерева. При этом возникает дополнительное требование согласования целей разных уровней. Срок достижения цели должен быть согласован со сроками

достижения всех ее подцелей. Ресурсы, требуемые для достижения цели, должны соответствовать ресурсам, нужным для достижения подцелей и т.д.

Дерево противоречий. Если дерево целей – инструмент системного анализа, то дерево противоречий – инструмент ТРИЗовский. Выглядит он следующим образом. Каждую цель следует оценить с двух точек зрения. Во-первых, какие препятствия будут мешать реализации данной цели. Если мы оценили препятствия, стоящие на пути в достижению данной цели, мы можем подготовиться к их преодолению, определить необходимые для этого ресурсы, время и пр. (или отказаться от стремления к цели, которая оказывается для нас недостижимой).

Во-вторых, каждая цель в случае ее достижения будет иметь не только позитивные, но и негативные последствия. По-русски это выражается фразой «За удовольствие надо платить». Очень полезно заранее оценить негативные последствия, с которыми мы столкнемся в результате достижения той или иной цели. Другая русская пословица предупреждает, что лекарство может оказаться хуже болезни.

С точки зрения формы записи анализ противоречий выразится в том, что в таблицу для оценки СМАРТовости целей надо будет дописать еще два столбика: «Что мешает?» и «Негативные последствия».

После формулировки цели в силу вступает «*принцип конечной цели*». Он требует сверять все наши действия с конечной целью и делать только то, что способствует достижению этой цели. Если планируемое действие не приближает нас к достижению конечной цели, его просто не надо делать. Если существует несколько вариантов действия, выбирать надо тот, который больше приближает нас к достижению конечной цели.

Принцип конечной цели является естественным продолжением сформулированного ранее принципа проблемности.

Порядок оценки планируемых изменений в системе. Поскольку мы собираемся в ходе нашей деятельности внести в систему какие-то изменения,

надо руководствоваться следующими правилами оценки планируемых изменений:

1) Опишите «пространство параметров» – совокупность параметров, которые Вы будете использовать для описания системы при оценке изменений. Все рассуждения о том, хороши планируемые изменения для изменяемой системы или плохи, должны затрагивать только эти параметры. Все остальные свойства системы объявляются несущественными.

2) Определите «метрику» в пространстве параметров. Определите, по каким правилам Вы будете сопоставлять две точки в пространстве параметров (то есть два состояния изменяемой системы). Нас будут интересовать ответы на два вопроса. Какое из состояний для системы лучше и насколько лучше? Какое из состояний системы ближе к некоторому «целевому» состоянию и насколько ближе?

3) Определите исходную точку в пространстве состояний. В каком исходном состоянии находится система, которую Вы собираетесь модифицировать?

4) Определите точку «идеального состояния системы».

5) Определите конечную целевую точку планируемых преобразований. Если эта точка совпадает, с идеальной, хорошо. Но скорее всего, идеальное состояние будет недостижимо. Поэтому следует определить реальную цель проекта.

6) Докажите (покажите), что целевая точка проекта находится ближе к идеальному состоянию, чем текущее положение системы.

7) Определите траекторию движения из текущей точки в целевую точку проекта. Какие параметры системы, как и в каком порядке будут изменяться?

8) Определите, какие действия для этого надо выполнить, и какие ресурсы для этого потребуются.

3. Идеальный конечный результат

Полезным инструментом для формирования целей является ТРИЗовское понятие «идеального конечного результата» (ИКР).

Как сформулировать ИКР?

ТРИЗ исходит из следующих соображений.

Люди постоянно пользуются различными техническими системами. Но в реальности людям нужны не сами системы, а результат деятельности этих систем, их функция. Людям нужна не дрель, а отверстие в стене. А точнее, не отверстие в стене, а возможность прикрепить к стене крюк. А еще точнее, не возможность прикрепить к стене крюк, а возможность повесить на стену картину. Если бы отверстие в стене появлялось само собой по желанию человека, дрель была бы не нужна. Если картина могла повиснуть на стене по команде человека, то были бы не нужны ни дрель, ни дюбеля, ни шурупы, ни крючок.

Людям нужен не автомобиль, а способность к быстрому перемещению в пространстве людей и грузов. Если бы мы могли по своему усмотрению перенестись с любую точку пространства, автомобиль стал бы не нужен.

То есть человеку нужна не система, а функция этой системы. Тогда почему люди упорно пользуются техническими системами? Потому что иначе они не могут получить соответствующую функцию. Система – это плата за получение функции. А чего мы хотим от платы? Чтобы она стала меньше. А в идеале? В идеале, чтобы стала равна нулю. Это и будет идеальная плата. То есть, это и будет идеальная система.

То есть идеальная система – это система, которой нет, но ее функции выполняются.

Идеальный результат – это когда нам никаких усилий прилагать вообще не нужно, все происходит само собой!

Для оценки «степени идеальности» системы, сравнения двух систем по близости к идеалу, определения путей совершенствования системы в ТРИЗ используется специальная формула.

$$\text{Степень идеальности} = \frac{\text{Сумма всех выигрышей, связанных с данной системой}}{\text{Сумма всех затрат, связанных с данной системой}}$$

Понятие выигрыша и затраты в данном случае трактуется максимально широко.

Как можно увеличить идеальность системы? Поскольку мы имеем дело с дробью, увеличить ее можно двумя способами: увеличить числитель или уменьшить знаменатель. То есть мы можем либо добавить в систему новое положительное свойство, либо усилить какое-либо уже существующее, либо уменьшить какой-либо из существующих недостатков (лучше, если до нуля).

Вышеприведенная формула создавалась для технических систем. Мастер ТРИЗ В.Г. Сибиряков предложил внести в нее следующее дополнение. Если речь идет о системах эргономических, то правую часть формулы надо разбить на два слагаемых. Первое будет равно отношению позитивных и негативных свойств системы с точки зрения техники, второе – с точки зрения человека. При этом первое слагаемое мы по-прежнему будем стремиться увеличить до бесконечности. А вот второе будет стремиться не к бесконечности, а к некоторому константному значению, которое определяется особенностями человеческого организма. Например, с точки зрения «технической идеальности» стержень шариковой ручки является системой более идеальной, чем ручка. Он проще, он требует меньше материалов, дешевле в изготовлении и т.д. Однако люди предпочитают писать не стержнями, а ручками. Причина этого в том, что ручку удобней держать в руке, чем стержень. Это удобство определяется особенностями человеческой руки. Не случайно при великом многообразии конструкций шариковых ручек все они имеют примерно одинаковый диаметр.

4. Иерархизация как метод борьбы со сложностью

Формулировка проблемы, формулировка цели, формулировка ИКР могут оказаться достаточно сложными, достаточно абстрактными. Работать с такими понятиями трудно. В этом случае рекомендуется применить очень простой, но в то же время очень мощный прием: разложение сложного понятия на составные части, представление его в виде иерархии. Как показывает опыт, уже на

третьем, максимум на четвертом уровне иерархии мы получим вполне конкретные измеримые показатели.

5. Генерация большого числа альтернатив

Для систематической генерации большого числа альтернатив рекомендуется метод морфологического анализа. Заключается он в том, что задача разлагается на подзадачи. Для каждой подзадачи формируется множество ее решений. Из решений отдельных подзадач комбинируется решение задачи в целом. Достоинством метода является очень быстрая генерация огромного количества альтернатив. Недостаток заключается в том, что генерация альтернатив ведется «в слепую». Метод не может порождать только «хорошие» решения и отбрасывать «плохие». Такое понятие, как качество альтернативы, в методе попросту отсутствует.

Еще один метод генерации альтернатив – это метод мозгового штурма. Очень часто этим термином обсуждают любое обсуждение заданной темы. Необходимо понимать, что обсуждение превращается в мозговой штурм при соблюдении следующих требований:

1) Разделение этапов генерации идей и этапов их обсуждения. На этапе генерации строго запрещена какая бы то ни была критика. Более того, поощряются «дикие идеи».

2) У выдвинутых во время мозгового штурма идей отсутствует авторство. Все идеи принадлежат всему коллективу. Любой участник может подхватить любую высказанную идею и развивать ее по своему усмотрению.

3) Следует фиксировать все идеи, выдвинутые во время мозгового штурма. В настоящее время удобней всего просто вести видеозапись процесса.

6. Борьба с психологической инерцией

Для борьбы с инерцией мышления рекомендуются метод фокальных объектов (метод каталогов), бином фантазии, диверсионный анализ.

7. Обеспечение систематичности анализа

Систематичность анализа можно обеспечить, применяя метод контрольных вопросов. Существует большое число опросников, направленных

на разные цели (опросник Квинтилиана, 6W, опросник Тамберга, опросник Осборна и др.).

8. Законы развития технических систем (ЗРТС)

ТРИЗ постулирует объективное существование ЗРТС. Следует разобрать примеры применения ЗРТС для управления развитием системы, освоить наиболее простые в применении законы.

9. Противоречия

ТРИЗ базируется на материалистической диалектике. Соответственно, источником развития систем в ТРИЗ считаются противоречия. ТРИЗ предлагает классификацию противоречий и способы разрешения противоречий разного вида.

4. Курс «ТРИЗформатика» и конкурс «ТРИЗформашка» – инструменты для знакомства с основами системного анализа и ТРИЗ

Для воспитания «инженерной культуры» могут быть использованы «пермская версия» пропедевтического курса информатики (рабочее название «ТРИЗформатика») и ежегодный Интернет-конкурс «ТРИЗформашка».

«Пермская версия» пропедевтического курса информатики [4-10] нацелена, среди прочего, на знакомство с основами системного анализа и ТРИЗ. Линейка учебников для начальной школы и сопровождающих их методических материалов вышла в издательстве БИНОМ (г. Москва) и включена в Федеральный список рекомендованных учебников.

Одним из компонентов «пермской версии» является конкурс «ТРИЗформашка» [11, 12] – межрегиональный Интернет-конкурс по информатике, системному анализу и ТРИЗ для учащихся средней школы и студентов. Конкурс проводится ежегодно в последние дни III четверти (в 2016 г. конкурс состоится в 16-й раз). География конкурса – от Владивостока до Риги. Среднее количество участников – около 100 команд (около 300 человек), максимальное – 202 команды (более 600 человек). Возраст участников колеблется от I класса до IV курса. Все команды получают один и тот же набор

заданий. При этом ситуация, когда младшеклассники «бьют» студентов, – не редкость. В 2014 г. I общекомандное место заняли четверокурсники Пермского филиала Высшей школы экономики, II – девятиклассники из районного центра Пермского края, III – четвероклассники из Перми, которые «побили» 24 студенческие команды (из 25 участвовавших) и около 40 команд средних и старших классов. Для подготовки к конкурсу работает дистанционная «Школа ТРИЗформашки».

Библиографический список

1. Резолюция конференции «Пропедевтика формирования инженерной культуры учащихся в условиях модернизации Российского образования», <http://events.cspu.ru/pik>. [Электронный ресурс] Проверено 13.11.2015.

2. Сайт Пермского инженерно-промышленного форума 12-13 ноября 2015 г. <http://engineerforum.ru/>. [Электронный ресурс] Проверено 13.11.2015.

3. Сайт «Битва роботов» <https://fightbots.ru/>. [Электронный ресурс] Проверено 13.11.2015.

4. Plaksin M. A. TRIZformatics: A Metasubject Uniting Computer and Intelligence Technologies of Information Processing (Response to Information Society Challenge). //Programming and Computer Software, 2011, Vol. 37, No. 6, pp. 279–283.

5. Плаксин М.А. ТРИЗформатика – метапредмет, объединяющий компьютерные и интеллектуальные технологии работы с информацией (ответ на вызов информационного общества). //Программирование, 2011, №6, с.26-32.

6. Плаксин М.А., Иванова Н.Г., Русакова О.Л. Информатика: учебник для 3 класса: в 2 ч. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

7. Плаксин М.А., Иванова Н.Г., Русакова О.Л. Информатика: учебник для 4 класса: в 2 ч. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

8. Плаксин М.А., Цветкова М.С. Информатика. Программа для начальной школы: 3-4 классы. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.

9. Плаксин М.А., Иванова Н.Г., Русакова О.Л. Информатика. Рабочая тетрадь для 3 класса: в 2 ч. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.

10. Плаксин М.А., Иванова Н.Г., Русакова О.Л. Информатика. Практикум для 3 класса. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 72 с.

11. Иванова Н.Г., Плаксин М.А., Русакова О.Л. ТРИЗформашка. //Информатика. N05 (606), 1-15.03.2010. С.3-19.

12. Сайт конкурса «ТРИЗформашка» <https://www.trizformashka.ru/>.
[Электронный ресурс] Проверено 13.11.2015.