

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧ

Владимир Герасимов*, Кожевникова Л.А.

*gerasimovvladimir@gmail.com

"ТРИЗ-Саммит - 2007"

впервые опубликовано на сайте <http://www.metodolog.ru>



Рисунок Виктора Богорада

Процесс усовершенствования любой системы обычно начинается с понимания того, что в ней должно измениться к лучшему. При этом целью часто является устранение только какого-то одного недостатка или же немногих, мешающих больше всего. Но, даже если это удалось, со временем оставшиеся недостатки усиливаются, и опять необходимо ставить и решать новую изобретательскую задачу. Рассмотрим другой подход к формулированию задачи.

Что первично?

В книге Г.С. Альтшуллера «Алгоритм изобретения» [1, с. 238] в главе «Психологические барьеры» приведены слова Карла Маркса: «...человечество ставит себе всегда только такие задачи, которые оно может разрешить, так как при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия ее решения уже существуют или, по крайней мере, находятся в процессе становления». Что ж, здесь все понятно – сначала должны возникнуть материальные условия, потом уже можно ставить задачу. Или, другими словами, материя первична, сознание вторично, этому нас еще в институте когда-то учили. Разберемся, однако, с этой ситуацией подробнее.

Долгое ожидание

Может ли быть так – условия для решения задачи существуют, задача поставлена, а решения все нет? Да, так бывает. Линзовый телескоп (рефрактор) Галилео Галилей придумал в 1609 году, зеркальный телескоп (рефлектор) Исаак Ньютон предложил в 1671 году, по тем временам – спустя не такой уж и большой срок. А вот менисковый телескоп, распространенный сейчас повсеместно, Дмитрий Дмитриевич Максудов изобрел только в 1942 году, т.е. спустя почти 300 (!) лет после этого [2]. Почему пришлось ждать так невероятно долго, ведь все необходимые материальные условия для решения задачи уже были?

Версия ответа и ее анализ

Сам Максудов предлагает такую версию ответа: «Если бы на заре астрономической оптики был известен элементарно простой принцип менисковых систем, в основном доступный пониманию современников Декарта и Ньютона, то астрономическая оптика могла бы пойти по совершенно иному пути и иметь ахроматическую короткофокусную оптику со сферическими поверхностями, базирующуюся лишь на единственном сорте оптического стекла, безразлично с какими константами» [3, с.15].

Получается, что великолепнейшее изобретение опоздало на три столетия только потому, что все это время не был известен «элементарно простой принцип менисковых систем»? Если это так, то просто необходимо повнимательнее разобраться с этим принципом, обладающим таким невероятно мощным тормозящим действием. Чтобы не искажать истину, приведем подробные цитаты.

Итак, чтобы защитить открытую трубу зеркального телескопа от температурных воздействий, попадания пыли и посторонних предметов Д.Д. Максудов предложил закрыть ее тонкой линзой – мениском, известным еще в древнем Китае. Но к чему это приведет? Автор пишет: «Такая конструкция очень хороша, но не внесет ли мениск вредных aberrаций? По-видимому, внесет, но какие, – это следует выяснить. Что всегда можно подобрать такие кривизны для мениска, при которых он будет в высокой степени ахроматичным, – это было ясно при первом же рассмотрении вопроса. Остался нерешенным вопрос о сферической aberrации.

Короткое рассуждение показало, что такие мениски могут вносить значительную сферическую aberrацию как положительную, так и отрицательную, оставаясь при этом еще достаточно ахроматичными. И тут я чуть-чуть не упустил важного открытия, рассуждая, что в таком случае можно рассчитать мениск, не вносящий aberrации, т.е. *без-aberrационный* мениск. На этих мыслях я задержался несколько часов, пока не додумался, что значительно выгоднее выбрать такой мениск, который вводит в систему *положительную* aberrацию, способную компенсировать *отрицательную* aberrацию сферического зеркала или системы сферических зеркал. В этот момент и были изобретены *менисковые системы*» [4, с.314].

Сферическое зеркало обладает вредной отрицательной aberrацией (искажение изображения). Мениск может обладать тоже вредными как отрицательной, так и положительной aberrациями, поэтому выгодно компенсировать один вред другим. Это и есть «элементарно простой принцип менисковых систем», или, другими словами, «метод компенсации», удивительно похожий на хорошо нам знакомый прием «обратить вред в пользу». Трудно согласиться с Дмитрием Дмитриевичем, что 300-летняя задержка крупного изобретения может быть объяснена только тем, что такой прием не был никому известен.

Вековечная задача

Г.С.Альтшуллер пишет: «Если в течение длительного времени задача остается нерешенной, то это значит, что само направление поисков выбрано неверно. В этом случае даже легкая задача вполне может стать "вековечной". Так, например, было с менисковым телескопом»... [1, с. 238].

А какую, собственно, задачу ставило перед собой человечество или, точнее, та его часть, которая занималась астрономической оптикой? Чтобы ответить на этот вопрос, вернемся опять к истории создания менискового телескопа. Максудов придумал как получить свой «школьный телескоп» – одновременно качественный и дешевый, т.е. доступный каждой, даже самой небогатой школе - еще в 20-е годы прошлого века. Это был телескоп-рефлектор со сферическим зеркалом. Таких телескопов Ньютона диаметром 140 мм, хорошо выполненных механически и имеющих первоклассную оптику, изготовили под его руководством в 1929-30 г.г. более сотни штук. И все же как автор он был совершенно недоволен результатами.

«Все ли хорошо в разработанной конструкции школьного рефлектора?» – спрашивает сам себя Максудов и с горечью признает: «Нет, не все хорошо, так как в нем зеркала,

хотя бы и алюминированные, будут быстро выходить из строя; в результате неизбежны нарекания со стороны школ, посылка на повторное алюминирование потускневших и испортившихся зеркал; престиж школьного телескопа может пострадать.

Как же улучшить конструкцию? – размышляет Д.Д. Максудов. – Единственный, казалось, выход – это усложнить конструкцию, расположив в передней части трубы плоскопараллельное защитное окно, обращающее телескоп в герметическую конструкцию, не боящуюся запыления, запотевания и механических повреждений зеркал. Введение плоскопараллельного окна из оптического стекла значительно удорожит инструмент; но что делать, если только в этом случае школьный телескоп завоюет себе заслуживаемое им полезное широкое распространение» [4, с. 312].

Скажем прямо – не очень четкая формулировка изобретательской задачи. Гораздо четче сформулировал эту задачу Г.С. Альтшуллер: «Все ли хорошо в разработанной конструкции школьного рефлектора? Нет, не все хорошо, в частности зеркала, хотя бы и алюминированные, будут быстро выходить из строя. Рефлектор с открытой трубой вряд ли долго проживет в школе. Достаточно уборщице один раз стереть с зеркала пыль, и оно будет испорчено. Прикрыть трубу стеклом? Это, конечно, защитит зеркало. Но из чего сделать стекло? Простое стекло дешево, однако оно поглощает много света. Оптическое стекло хорошо, зато и стоимость его высока» [1, с.16].

Широко распространено ошибочное мнение, что Максудову удалось разрешить это противоречие. Это не так, хотя на поиски решения именно этой задачи он потратил более 13 лет. Не решена задача и сейчас, 66 лет спустя, и нет никаких шансов, что она будет решена в ближайшие десятилетия. Ведь ее решение предполагает, что высококачественное оптическое стекло, невероятно дорогое, будет широко доступно по цене оконного. Поэтому, пользуясь терминологией Генриха Сауловича, задачу о стекле для «школьного» телескопа можно спокойно назвать «вековечной». Но ведь придумал же Максудов менисковый телескоп! Как же так – задачу не решил, а телескоп придумал?.. С этим мы разберемся чуть позже, а пока посмотрим – какие именно задачи ставили перед собой специалисты в области астрономической оптики все долгое время «от Ньютона до Максудова»?

Тернистый путь

Сам Д.Д. Максудов по этому поводу пишет: «Работая над теорией менисковых систем и видя их преимущества, невольно вспоминаешь тернистый путь истории оптического приборостроения. Сколько было изломано копий в борьбе сторонников рефлектора и рефрактора! Сколько было затрачено энергии, с одной стороны, на овладение методикой изготовления и исследования точных асферических поверхностей, а с другой – на разрешение проблемы ахроматических стекол! Сколько изготовлено флинтгласа и других трудоемких сортов стекла для тех случаев, в которых их можно было бы и не применять! Наконец, сколько построено дорогих, громоздких и несовершенных телескопов с не менее дорогим и громоздким механическим оборудованием и дорогими помещениями с огромными вращающимися куполами!» [3, с.15].

Ключевая фраза здесь: «...**борьба сторонников рефлектора и рефрактора**». Силы, средства и человеческие жизни в течение многих лет тратились на совершенствование ЛИБО ОДНОГО, ЛИБО ДРУГОГО оптического инструмента. А работа с одной системой предусматривает выявление недостатков только этой системы, как же иначе? Это настолько привычный способ, что может показаться, что он единственный.

Особенностью такого подхода является то, что выявлять недостатки сравнительно просто, а вот устранять их невероятно трудно. Вот только один пример: очевидно, что чем больше диаметр объектива у телескопа-рефрактора, тем лучше. Легко поставить задачу: необходимо получить объектив большого размера, однако, решить многочисленные проблемы, возникающие при этом, крайне сложно. На сегодняшний день во всем мире есть только два крупных визуальных объектива с диаметрами 91 см и 102 см. Оба объектива изготовлены в 1888 г. и в 1896 г. американскими оптиками Д. и А. Кларками. Все дальнейшие многочисленные попытки сделать что-либо подобное закончились неудачей.

Такая же ситуация складывается и во всех остальных технических областях. Значит ли это, что этот путь совершенствования техники (через выявление и устранение недостатков) неправильный или порочный? Нет, ни в коей мере. Просто он не единственный.

Как по-другому?

Г.С. Альтшуллер пишет: «В развитии техники сочетаются два пути – эволюционный (в пределах одного уровня) и революционный (переход с одного уровня на другой). Схематически это развитие можно представить в виде ломаной линии с большим числом поворотов. Узкий специалист хорошо видит направление одного отрезка. Думая о будущем, он склонен видеть это будущее развитием настоящего, он как бы мысленно продолжает конечный отрезок линии. Понимая ограниченность существующих технических средств, специалист отчетливо видит нерешимые задачи, стену, в которую упирается мысленное продолжение данного отрезка. Но диалектика развития техники такова, что "нерешимые" задачи решаются "в обход" – принципиально новыми техническими средствами». [1, с. 243].

Накоплено достаточно большое количество примеров, когда задача ставится не для одной, а сразу для двух технических систем. Причем, они тщательно подобраны друг к другу – выполняют одну и ту же функцию и обладают противоположными достоинствами и недостатками. Это задачи на СИНТЕЗ НОВОЙ СИСТЕМЫ, объединяющей достоинства обоих прототипов и свободной от их недостатков.

Типичным является вариант, когда одна система-прототип выполняет функцию лучше другой, но стоит дороже, а другая – более простая и дешевая, но работает хуже первой [5, 6, 7, 17]. Еще один часто встречающийся вариант, когда обе системы стоят примерно одинаково, но первая лучше выполняет одну часть работы, а вторая – другую часть; при этом, необходимо добиться, чтобы вся работа была выполнена хорошо [8, 9, 10, 16]. Есть примеры, когда задача формулируется не только для устройств, но также сразу для двух технологических процессов («Шихтованный магнитопровод»; материал готовится к публикации).

Особенностью такого подхода является то, что поставить задачу психологически очень непросто. Вот пример [16]. Электробритва, изобретенная в 30-е годы прошлого века, имела одну бреющую головку. В 1948 году фирма Philips выпустила в продажу бритву с двумя бреющими головками. Затем на бритве появились три головки, недавно по телевизору рекламировали четыре. Фирма Remington ухитрилась изготовить «матрешку» – внутри каждой головки разместили по две сетки и два ножа, т.е., условно говоря, получили шесть бреющих головок... Похоже, что это уже близко к пределу, дальше начнутся непреодолимые технические трудности. С самого начала этой гонки была четко видна цель: увеличить площадь обрабатываемой поверхности. Этого добивались, но какой ценой? Фирма Philips за 50 лет, начиная с 1939 года, выпустила 120 моделей со все большей сложностью конструкции. У всех этих бритв в ножах применяются узкие лезвия, которые хорошо срезают волосы, а бороться приходилось за площадь.

Но ведь параллельно существовали пружинные и инерционные бритвы с широкими лезвиями, которые обрабатывали площадь сразу в несколько раз большую при одной (!) бреющей головке. Брили они, правда, хуже и поэтому лет 25-30 назад исчезли, не выдержав конкуренции. Классический вариант: «или – или». Бритва или хорошо бреет, но обрабатывает малую площадь, или обрабатывает большую площадь, но бреет неважно. А ведь хочется иметь простую конструкцию с одной головкой, которая обеспечивает и то, и другое – бреет хорошо, и с площадью у нее все в порядке...

Задача «через плюсы» звучит так. **Необходимо сохранить в ноже широкие лезвия. Это позволит эффективно использовать рабочую поверхность сетки. В то же время, на всей поверхности сетки нужно обеспечить хорошие условия резания, поэтому лезвия должны быть узкими.** Или в короткой формулировке: **Лезвия в ноже должны быть широкими, и они должны быть узкими.**

Поставить эту задачу специалисты многочисленных фирм с всемирно известными именами, занимающиеся разработкой новых конструкций электробритв, так и не смогли, помешала психологическая инерция. Поэтому решение ее появилось «на стороне», в инициативном, а не в рабочем порядке, скорее как хобби, чтобы иметь еще один пример постановки задачи «через сложение плюсов». Решить эту задачу оказалось совсем просто, что типично для задач такого типа. На основании идеи, полученной при решении и защищенной в 2003 году патентом США № 6,584,691, было предложено несколько десятков всевозможных конструкций бреющих головок (материал готовится к публикации).

Можно только с грустью повторить всед за Максutowым: «Рассматривая бреющую головку с ротационными ножами и видя ее преимущество, невольно отмечаешь и здесь тот же самый тернистый путь, что и в оптическом приборостроении. Сколько было изломано копий в борьбе сторонников узких и широких лезвий! Сколько было затрачено энергии... сколько построено дорогих и несовершенных моделей... во что все это обошлось той половине человечества, которая вынуждена бриться!».

Этот пример позволяет предложить намного более правдоподобную версию ответа на вопрос: почему три столетия не могли изобрести менисковый телескоп? Только пото-

му, что до Максудова задачу по объединению достоинств линзового и зеркального телескопов НИКТО НЕ СТАВИЛ. Мешала психологическая инерция.

Правильная задача

Ее действительно впервые поставил Максудов для своего «школьного» телескопа.

Нужно делать телескоп-рефлектор. Это позволит применить сферическое зеркало и обеспечит прибору низкую стоимость. В то же время, открытую трубу рефлектора необходимо закрыть защитным окном из дорогого оптического стекла, чтобы получить герметичную конструкцию как у телескопа-рефрактора. Или в более короткой форме: Необходимо закрыть трубу защитным окном, чтобы получить качественный инструмент, и нельзя ее ничем закрывать, чтобы не увеличилась стоимость телескопа.

Напомним, что в такой формулировке Максудову задачу решить не удалось. Тем не менее, именно эта формулировка позволила ему получить свои менисковые системы.

Чтобы объяснить этот парадокс, рассмотрим сначала – какие бывают варианты ответов на задачи «через объединение достоинств альтернативных систем». Их всего три.

1. Ответ на задачу очевиден [8, 9, 10].
2. Задачу нужно решать, но она легкая [5, 6, 7].
3. Задачу решить нельзя [2, 11].

Граница между 1-м и 2-м пунктом, по сути, размыта. В любом случае, это всегда легкие задачи, для решения которых часто вполне достаточно здравого смысла или простых изобретательских приемов. Не решены задачи были долгое время только потому, что их никто не ставил. А поставить мешала сильнейшая психологическая инерция у специалистов. Чтобы помочь переступить через психологический барьер В.В. Митрофанов и Б.Л. Злотин еще в начале 80-х годов прошлого века предлагали формулировать «системное» противоречие, относящееся сразу к двум системам (впоследствии оно получило название «альтернативного»): «По-видимому, во многих случаях, когда мы работаем с «живыми» системами, не следует стремиться к углублению противоречия до физического уровня, а можно, оставаясь на уровне системном сформулировать «системное» противоречие – средство транспорта должно быть поездом, чтобы двигаться по рельсам и должно быть самолетом, чтобы иметь высокую скорость. И противоречие не разрешать, а объединять «симбионировать» системы. Поезд аэродинамической формы с реактивным двигателем. Это должна быть система 1, чтобы... и система 2, чтобы...» [12]. Многочисленные примеры таких «симбионированных» (или по современной терминологии – «гибридных») систем приведены в работе [13].

Как быть в 3-ем случае? Г.С. Альтшуллер пишет: «За редчайшим исключением, в технике нет задач, которые вообще (даже в будущем) не удалось бы решить. Невозможно нарушить основные законы природы – законы сохранения и законы диалектики, остальное если и невозможно, то лишь временно» [1, с. 238]. Что же мы подразумеваем, когда говорим: задачу решить нельзя ("невозможно")?

Можно вычлени́ть два случая. Первый – это когда в принципе понятно как решить проблему, но существуют мощные сдерживающие (например, финансовые) ограничения. В примере с пропиткой ротора крупной электрической машины [11] проблема в том, что он не помещается в имеющуюся пропиточную камеру. Как построить камеру большего размера ясно, но ясно и то, что она будет очень дорогой и никогда не окупится. Так как резать ротор и пропитывать его по частям тоже экономически невыгодно, то проще признать, что решить эту задачу нельзя. Но ничто не мешает ДОПУСТИТЬ, что эта задача решена и отследить последствия.

Именно так поступил Максудов [2], не сумев за 13 лет придумать как сделать оптическое стекло дешевым. В какой-то момент он перестал ломать голову как получить такое стекло, и просто ДОПУСТИЛ, что оно у него есть. Дальше ему потребовалось всего несколько часов, чтобы пройти несколько простых шагов и получить свои великолепные менисковые системы. Конечно, когда-нибудь в отдаленном будущем задача получения дешевого оптического стекла, скорее всего, будет решена, но зачем ждать так долго, если значительно выгоднее допустить, что эту задачу решить нельзя и воспользоваться гипотетическим, «идеальным» ответом?

Второй случай – это когда действительно существуют ограничения со стороны законов природы. Однако совместное использование метода объединения альтернативных систем и приема «допустить недопустимое» позволяет обойти и эти ограничения. Да, задачу решить нельзя, но как только что было показано выше, это не всегда обязательно делать. Можно отследить последствия от будто бы решенной задачи. В частности – сложить достоинства реальной и «невозможной» систем. Практика показывает, что получить решение в этом случае, как правило, несложно. Это еще одно преимущество такого подхода.

Подведем итоги. С нашей точки зрения, «гибрид» из этих двух инструментов – метода объединения альтернативных систем и приема «допустить недопустимое» – позволяет не только ставить нетрадиционные изобретательские задачи через суммирование достоинств разных систем, но и резко упрощает поиски ответа по этим задачам. Кроме того, всегда можно рассчитывать на существенное улучшение в надсистеме даже в тех случаях, когда поставленную задачу решить не удастся. Следует только оговориться, что такой подход не отменяет другие изобретательские инструменты, а только дополняет их. Работа в этом направлении продолжается, запланирована серия публикаций.

В процессе работы над тезисами были использованы аналитические обзоры [14, 15], написанные на основе материалов из Фонда ТРИЗ ЧОУНБ, в которых подробно рассмотрена история появления и развития идеи объединения альтернативных систем, применение этого метода к постановке задач, психологические проблемы, с которыми сталкиваются решатели.

Эта статья является третьим, завершающим материалом к двум предыдущим, опубликованным ранее в рамках подготовки докладов на Международные конференции по ТРИЗ в С-Петербурге («Допустить недопустимое», 2005 г., см. <http://www.trizminsk.org/e/212006.htm> и «Перенос ресурсов», 2006 г., см.

<http://www.trizminsk.org/e/212012.htm>). Оба подхода хорошо стыкуются и дополняют друг друга, образуя при этом полностью законченную систему.

Мы благодарны В.В. Митрофанову, А. Захарову и Д. Кучерявому за замечания и предложения, и за внимание к нашей работе.

Май 2007 г.

Литература

1. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения [Текст] / Г. С. Альтшуллер. – 2-е изд. – М.: Моск. рабочий, 1973. – 284 с.
2. Герасимов В. М. Менисковый телескоп Д. Д. МаксUTOва: изобретат. история [Рукопись] / В. М. Герасимов. – 2005. – 30 с. – Рукопись деп. в ЧОУНБ 13.07.2005 № 3046. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.trizminsk.org/e/212007.htm>. – Загл. с экрана.
3. МаксUTOв Д. Д. Новые катадиоптрические менисковые системы [Текст] / Д. Д. МаксUTOв Труды Государственного оптического института. – Т. XV1. – Вып.124. – 1944.
4. МаксUTOв Д. Д. Астрономическая оптика [Текст] / Д. Д. МаксUTOв. – М.-Л. : ОГИЗ Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1946.
5. Герасимов В. Гвоздь и шуруп: (учебная изобретательская байка) [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.trizminsk.org/e/212011.htm>. – Загл. с экрана.
6. Герасимов В. Мясорубка, любовь моя: (изобретательский диптих) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.trizminsk.org/e/212005.htm>. – Загл. с экрана.
7. Герасимов В. [Интенсификация теплообмена](#): учеб. пример [Рукопись] / В. М. Герасимов, М. Г. Баркан. – 1998. – 8 с. – Деп. в ЧОУНБ 26.04.2007 № 3134.
8. Герасимов В. М. Гибрид: история с изобретат. семинара [Рукопись] / В.М. Герасимов. – СПб, 2006. – 7 с. – Деп. В ЧОУНБ 23.11.2006 № 3128. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.trizminsk.org/e/212010.htm>. – Загл. с экрана.
9. Герасимов В. Плетень: (изобретательская байка) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.trizminsk.org/e/212003.htm>. – Загл. с экрана.
10. Герасимов В. Розовый ручной мойщик или Как поставить «правильную» изобретательскую задачу?: (изобретательская история) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.trizminsk.org/e/20130104.htm>. – Загл. с экрана.
11. Герасимов В.М. Ротор синхронной явнополюсной электрической машины : изобретат. былль [Рукопись] / В. М. Герасимов. – 2005. – 25 с. – Рукопись деп. в ЧОУНБ 12.07.2005 № 3045. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.trizminsk.org/e/212008.htm>. – Загл. с экрана.

12. Митрофанов В.В. Проявление единства и борьбы противоположностей в технике: (симбиоз в технических системах) [Рукопись] / В.В. Митрофанов, Б.Л. Злотин. – 3 с. – Деп. в ЧОУНБ 26.09.1989 № 791.
13. Злотин Б. Читая старые ИРы [Рукопись] / Б.Л. Злотин. – 6 с. – Деп. в ЧОУНБ 12.07.1990 № 972.
14. Кожевникова Л.А. Альтернативный подход к постановке задач [Рукопись] / Л.А. Кожевникова. – Челябинск, 2007. – 11 с. – Библиогр.: с.7-11 (49 назв.). – Деп. в ЧОУНБ 10.05.2007 № 3138.
15. Кожевникова Л.А. Объединение альтернативных систем : историко-аналитический обзор [Рукопись] / Л. А. Кожевникова. – Челябинск, 2007. – 35 с. – Библиогр.: с.32-35 (55 назв.). – Деп. в ЧОУНБ 10.05.2007 № 3137.
16. Gerasimov V. Electric shaver evolution. [Рукопись] / V. Gerasimov. – 1998. – 22 p. – Деп. в ЧОУНБ 26.04.2007 № 3136. – (текст на рус. и англ. яз.).
17. Gerasimov V. Intensification of heat exchange : (case study) [Рукопись] / V. Gerasimov, M. Barkan. – 1998. – 8 p. – Деп. в ЧОУНБ 26.04.2007 № 3135.