



ОТ ВИНТА!

ЛИНИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ КОНЦЕПЦИЙ

Развитие любой технической системы подчиняется объективным законам [1]. Элементы технических систем развиваются согласно определенным тенденциям развития, образуя так называемые линии развития. Линии развития могут быть собраны в так называемое Дерево эволюции [2,3], применяемое для организации информации о технических объектах. Такое дерево представляет собой древовидную структуру, по «веткам» которой отложены преобразования объекта в соответствии с объективными линиями развития.

«Дерево эволюции» – эффективный инструмент для получения новых концепций при обходе патентов и построении патентных зонтиков, поскольку, используя его, можно

ставлены обобщенные варианты преобразований по определенной объективной тенденции.

При этом предлагаем соблюдать следующий алгоритм:

1. построить линию развития реального технического объекта;
2. определить основную тенденцию развития объекта и подобрать соответствующую ей базовую линию (набор преобразований абстрактного объекта);
3. сравнить базовую и реальную линии, найти отсутствующие в реальной линии преобразования и сгенерировать соответствующие концепции.

Покажем особенности применения данного алгоритма на примере анализа двигателя летательного аппарата.

с собой одну или несколько профилированных косо поставленных лопастей. При вращении пропеллера лопасти отбрасывают воздух назад, устремляя летательный аппарат вперед. Существуют воздушные винты разной формы и размеров с разным количеством лопастей, выполненные из разных материалов, с регулируемым и нерегулируемым углом установки лопастей и т.п. А есть еще реактивные движители самолетов и космических летательных аппаратов... Чтобы разобраться в этом многообразии, выстроим последовательность преобразований движителя летательного аппарата, его линию развития.

1. Построение линии развития движителя летательного аппарата

Проанализируем известные варианты выполнения движителя летательного аппарата и расположим их в определенной последовательности.

С точки зрения законов эволюции исходное место в такой линии будет занимать **однолопастный пропеллер (1)**. Устроен он просто – одна профилированная лопасть и короткий массивный противовес. Изготовить и статически отбалансировать такой пропеллер легко – надо отформовать лопасть и правильно подобрать

Простейший летательный аппарат – планер – летает без мотора. Самолет отличается от планера наличием двигателя (см. рис. 1). Двигатель активизирует движитель – воздушный винт или реактивную струю, – который, собственно, и толкает летательный аппарат вперед.

Проанализируем линию развития движителя летательного аппарата. Существует много вариантов движителей летательных аппаратов различного принципа действия. Движителем первых аэропланов был воздушный винт – пропеллер, представляющий

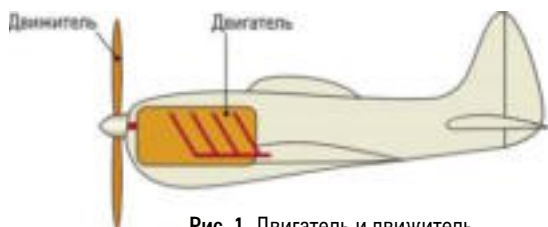


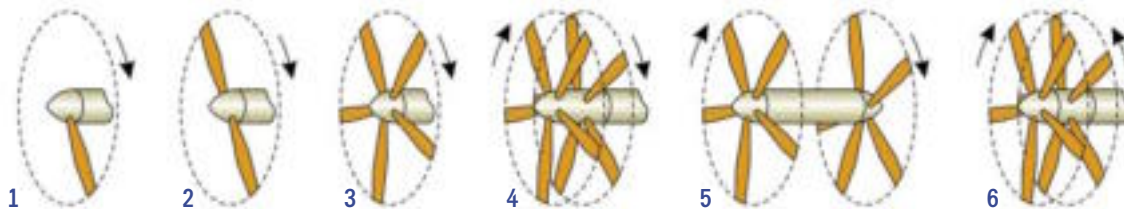
Рис. 1. Двигатель и движитель самолета.

описать все основные варианты преобразований анализируемого технического объекта. Незапатентованные варианты выполнения объекта достаточно просто найти, если сравнить линию развития конкретного объекта с базовой линией развития, где пред-

массу противовеса. Но выполнить динамическую балансировку однолопастного пропеллера невозможно, поскольку при вращении он всегда будет давить на воздух только од-

ну в минуту концы лопастей винта диаметром 3 м движутся со сверхзвуковой скоростью. Это вызывает срыв воздушного потока на конце лопасти, эффективность винта падает,

жителей, их стали устанавливать с разносом – на двух концах вала мощного двигателя – сзади и спереди (5). Такое разнесение уменьшает аэродинамическое «затенение»



ной, ничем не уравновешиваемой лопастью [4]. Это – довольно экзотическая конструкция, и применяется она в основном для мало мощных самолетов-мишеней и авиамоделей, имеющих высокооборотные двигатели.

Более широко распространен двухлопастный пропеллер (2). Он,



Рис. 2. Эффективный двухрядный пропеллер со встречным вращением лопастей.

наоборот, полностью уравновешивается динамически, но требует тщательной статической балансировки и абсолютно одинаковой формы лопастей.

При повышении мощности двигателя требуется соответственно повышать эффективность воздушного винта. Повышение скорости вращения и увеличение диаметра винта имеют ограничения. Уже при частоте вращения 2000 оборотов

а повышение ее другими методами сопряжено с определенными трудностями. С увеличением диаметра винта увеличиваются габариты летательного аппарата, нужно удлинять стойки его шасси, чтобы обеспечить необходимый зазор с поверхностью земли при взлете и посадке. Более радикально повышает эффективность пропеллера увеличение количества его лопастей. Следующий шаг линии – многолопастный пропеллер (3) (четыре – восемь лопастей).

Но количеству лопастей пропеллера тоже есть предел. Если установить их слишком много, лопасти начинают мешать друг другу, «затеняют» одна другую и эффективность винтового движителя падает. Напрашивается следующий шаг: если нельзя увеличить диаметр пропеллера и количество его лопастей, то нужно установить их в два ряда. Кажется бы, мы можем поднять эффективность вдвое, но не все так просто! Если установить на валу двигателя два многолопастных пропеллера (4) непосредственно друг за другом, то задний будет работать в значительно худших условиях, чем передний. Лопасти заднего пропеллера должны дополнительно ускорить и закрутить уже возмущенный воздух, но больше тормозят его, чем разгоняют.

Чтобы улучшить эффективность работы двухрядных винтовых дви-

вращающихся лопастей и повышает эффективность винтомоторной группы летательного аппарата, но меньше, чем хотелось бы.

Эффективность двухрядных пропеллеров можно существенно повысить, если заставить их вращаться в противоположных направлениях (6). Воздух, закрученный лопастями первого пропеллера, попадает на лопатки второго не вскользь, а с необходимым упором, и интенсивно разгоняется (см. рис. 2).

В сороковых годах прошлого века скорость винтовых летательных аппаратов достигла своего предела. Один из самых быстрых винтовых самолетов – P-51 Mustang – мог развить в горизонтальном полете скорость немногим более 700 км/ч. Дальнейшее повышение скорости стало возможным за счет применения реактивного принципа образования тяги.

Вначале на винтовых самолетах появились простейшие пороховые ускорители, используемые для взлета. Более совершенным переходным вариантом от винтового движителя к реактивному стал газотурбинный двигатель, где используется комбинированный принцип создания тяги.

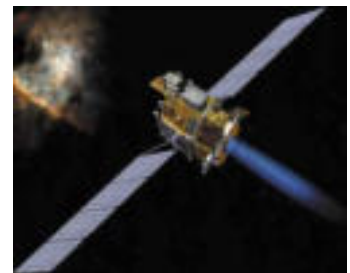
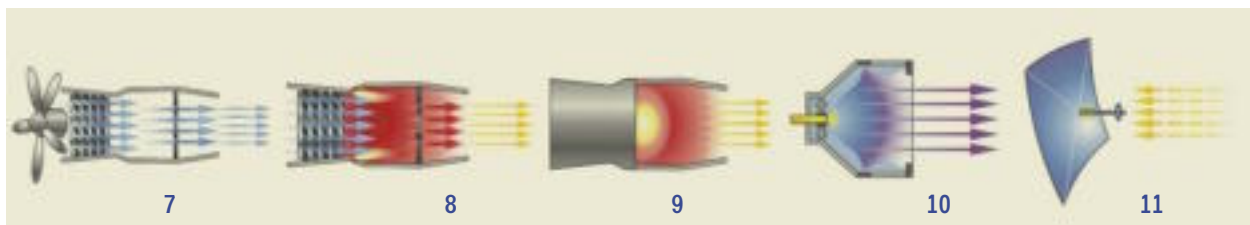


Рис. 3. Космический корабль с ионным двигателем.



Тяга создается совместным действием **лопастей пропеллера и реактивной струи (7)**, образуемой турбиной, вращающей пропеллер [5].

Следующий вариант движителя летательного аппарата – **реактивная струя (8)**. Ее можно получить, если использовать турбореактивный двигатель, широко распространенный в современной авиации. В таком двигателе внутренние лопатки лишь ускоряют набегающий поток воздуха и подают его в камеру сгорания. Тяга двигателя возникает за счет резкого

реи, а на более мощных – пассивные ядерные генераторы, которые уже устанавливаются на орбитальных спутниках [7].

Здесь же на линии развития можно расположить и плазменный двигатель, в котором тяга создается за счет истечения **плазмы**. Плазма образуется при облучении твердого вещества (топлива) мощными импульсами лазерного излучения или импульсными электронными пучками. Разгоняется плазма за счет силы Ампера совместным действием

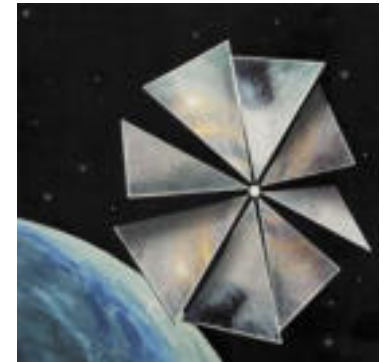


Рис. 4. Солнечный парус.

го аппарата, создается направленным истечением фотонов **(11)**, которые испускает фотонный двигатель. Получить поток фотонов приемлемой мощности на данном этапе развития техники невозможно, но есть проекты двигателей, использующих для разгона отраженный поток фотонов, так называемое «световое давление». Это, в первую очередь, космические парусники, движимые «солнечным ветром» (см. рис. 4). В последнее время проводятся опыты по разгону космических летательных аппаратов лучом лазера.

Таблица 1

«МОНО-БИ-ПОЛИ»	«ДРОБЛЕНИЕ»
<p>1. Количественные параметры, характеризующие выполнение функции элемента (производительность, надежность и пр.), растут пропорционально числу вводимых элементов и систем.</p> <p>2. По ходу развития количество элементов растет при сохранении или увеличении их размеров и массы.</p> <p>3. В конце линии наблюдается переход к свернутой полисистеме (моносистеме нового уровня).</p>	<p>1. Количественные параметры, характеризующие выполнение функции элемента (производительность, надежность и пр.), остаются постоянными.</p> <p>2. По ходу развития количество элементов растет при уменьшении их размеров и массы.</p> <p>3. В конце линии наблюдается переход вариантов выполнения технического объекта на микроуровень.</p>

расширения газов при сгорании топлива и образования реактивной струи. В реактивном двигателе **(9)** вообще нет никаких лопаток. Движителем также является реактивная струя, образующаяся при сгорании топлива в смеси с воздухом или окислителем.

На следующем шаге развития движителем летательного аппарата являются части атомов – **ускоренный поток ионов (10)**. В качестве рабочего тела в ионном двигателе выступает ионизированный газ, разогнанный электростатическим полем. Ионный двигатель устроен следующим образом. Катод бомбардирует топливо (например, ксенон) электронами. Они выбивают электроны из атомов ксенона, оставляя положительно заряженные ионы (Xe^+). Ионы ускоряются заряженными решетками, образуя высокоскоростную реактивную струю, и разгоняют летательный аппарат (см. рис. 3). Источником энергии для создания электростатического поля на маломощных двигателях служат солнечные бата-

скрещенных электрического и магнитного полей.

Наш движитель становится все мельче и мельче, частицы, разгоняющие летательный аппарат, перешли на уровень молекул, атомов и их частей.

Завершение этой цепочки: тяга, необходимая для разгона летательно-

2. Определение тенденции, лежащей в основе данной линии

После построения линии развития реального технического объекта важно корректно определить, какой тенденции развития следует получаемая последовательность,

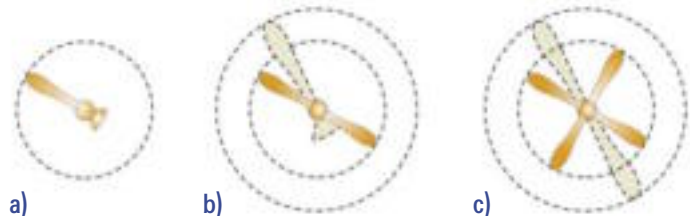


Рис. 5. Сохранение относительного размера лопасти с увеличением их числа при повышении мощности двигателя.

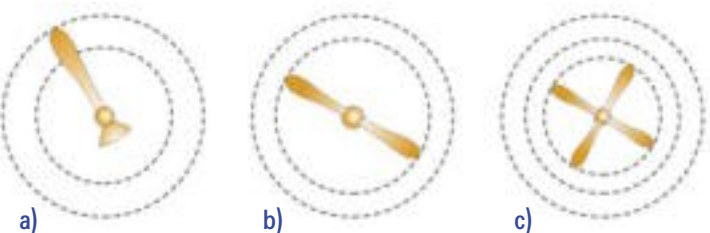


Рис. 6. Уменьшение размера лопасти с увеличением их количества при той же мощности двигателя.

чтобы выявить варианты трансформации объекта, заполнить пробелы и довести линию до логического завершения.

Итак, что у нас получается?

В начальной части линии развития движителя летательного аппарата мы видим, что число лопастей винтового движителя увеличивается: одна лопасть => две лопасти => много лопастей => два ряда лопастей.

Похоже на то, что прослеживается тенденция, известная в ТРИЗ как «Моно-би-поли» [1]. Но не будем торопиться.

Базовая линия в ТРИЗ «Моно-би-поли» включает следующие переходы:

- единичный объект;
- два одинаковых объекта;
- несколько одинаковых объектов;
- объекты, объединенные в один объект более высокого уровня.

Во второй половине линии развития движителя развитие явно идет в сторону уменьшения, дробления элементов, которыми летательный аппарат отталкивается от пространства: мелкие частицы и молекулы => части атомов => фотоны.

Другая базовая линия в ТРИЗ «Дробление объектов» [1] отличается от линии «Моно-би-поли» и включает следующие основные преобразования:

- монолитный объект;
- объект, разделенный на две части;
- объект, разделенный на несколько частей;
- объект, разделенный на много частей;
- гранулы;
- жидкость;
- газ;
- плазма;
- поле;
- вакуум.

Так что же, законы развития технических систем не работают или мы упустили что-нибудь? Давайте разбираться.

Как различить тенденции «Моно-би-поли» и «Дробление» при анализе линии развития реального объекта?

Здесь есть ряд характерных отличий, представленных в таблице 1.

Проанализируем ситуацию с учетом этой таблицы.

Когда увеличение числа лопастей вызвано ростом мощности двигателя самолета, уместен следующий ход рассуждений. Если при переходе к самолету с более мощным двигателем мы применим однолопастный винт, то для обеспечения оптимальной загрузки двигателя он должен быть чрезмерно большого диаметра (см. рис. 5).

Для сохранения нужного диаметра мы должны мысленно разделить, **раздробить** одну лопасть на две части, образовав двухлопастный винт. При переходе к самолету с еще более мощным двигателем мы должны точно так же раздробить наш гипотетический огромный двухлопастный винт, преобразовав его в четырехлопастный приемлемого размера. И так далее...

Следовательно:

Сила тяги пропеллера по отношению к мощности двигателя летательного аппарата остается в некоторых пределах постоянной и не растет с увеличением числа лопастей.

Когда мощность двигателя не изменяется, то для обеспечения его оптимальной загрузки лопасти винта по мере увеличения их числа

должны становиться все меньше и меньше (см. рис. 6).

Следовательно:

Размер элементов пропеллера (лопастей) уменьшается с увеличением их числа.

Таким образом, первую часть линии развития движителя летательного аппарата можно отнести к базовой линии «Дробление объектов».

Во второй части этой линии прослеживается явный переход на микроуровень. Это является дополнительной подсказкой и позволяет с определенной долей допущения принять, что в описанной линии развития движителя летательного аппарата превалирует тенденция «Дробление».

3. Анализ полноты построенной линии и построение новых концепций

Построим сводную таблицу, в левой части которой расположим обобщенные преобразования, составляющие базовую линию «Дробление объектов», а в правой – найденные нами соответствующие им преобразования движителя летательного аппарата (см. табл. 2).

Как видно из таблицы, для трех обобщенных преобразований базовой линии: гранулы, жидкость и вакуум – нам не удалось найти соответствующие варианты выполнения движителя летательного аппарата.

Таблица 2

БАЗОВАЯ ЛИНИЯ РАЗВИТИЯ «ДРОБЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ»	ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДВИЖИТЕЛЯ
1. Монолитный объект	Однолопастный пропеллер
2. Объект, разделенный на две части	Двухлопастный пропеллер
3. Объект, разделенный на несколько частей	Многолопастный пропеллер
4. Объект, разделенный на много частей	Двухрядный пропеллер
5. Гранулы	Нет данных
6. Жидкость	Нет данных
7. Газ	Реактивная струя
8. Плазма	Поток ионов
9. Поле	Поток фотонов
10. Вакуум	Нет данных

Теперь проведем блиц-анализ полученного сквозного примера и попытаемся заполнить пустые клетки. Для этого нужно сгенерировать новые концепции, поискать аналогии в литературе или

используя подсказки из обобщенных преобразований базовой линии.

Например, **гранулы**. Как применить их для создания движущего импульса? В литературе есть шуточный пример, когда капитан Врунгель [7] на гонках разгонял свою яхту, стреляя пробками из приставленных к корме бутылок шампанского. Подобная аналогия, перенесенная в условия космоса, дает подсказку для следующей идеи: использовать для дополнительного разгона космического корабля отстрел использованных ступеней (см. рис. 7).

Следующая пустая клетка таблицы: **жидкость**. Здесь просматривается возможность использовать ее совместно с воздушным винтом самолета. Если разбрызгивать в зоне вращения винта воду, образуется туман, и тяга винта резко возрастает. Конечно, возить с собой воду накладно, но такой эффект можно

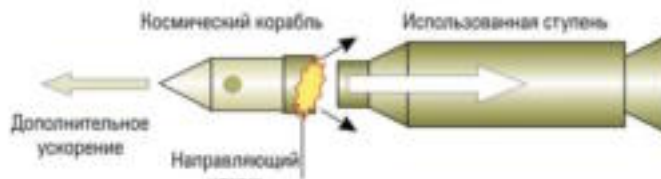


Рис. 7. Направленный отстрел ступени космического корабля.

использовать кратковременно, например, для ускорения разгона самолета при взлете (см. рис. 8).

Вакуум. Тут речь может идти скорее о чем-то «тянущем», располо-



Рис. 8. Использование водяного тумана для повышения тяги винта.

женном впереди летательного аппарата. Действительно, нам удалось найти информацию о любопытном «движителе» для ракеты. Перед

ракетой, движущейся в атмосфере, сжигают топливо (см. рис. 9). Воздух в зоне горения тоже сгорает, и вокруг ракеты образуется область пониженного давления, позволяющая резко снизить сопротивление ее движению [9].

Нам не удалось абсолютно корректно заполнить пустые клетки – топливные баки «Шаттла» мало похожи на гранулы. Но это вовсе не значит, что ступеней космического корабля не станет в будущем значительно больше, а размеры их существенно не уменьшатся.

В любом случае, подсказка базовой линии помогла найти более или менее перспективную идею, пусть даже не полностью совпадающую со смыслом этой подсказки.


Подобный подход к построению и анализу линий развития технических объектов можно с успехом применять для поиска решений, для обхода патентов конкурирующих компаний и создания патентных зонтиков для своих решений. 



Рис. 9. Полет ракеты в вакуумной оболочке.

Автор выражает благодарность Георгию Северинцу за помощь в подготовке статьи.

ШПАКОВСКИЙ Николай Андреевич



К.т.н., консультант по решению сложных технических задач и обходу патентов конкурирующих компаний. Выполнил ряд инновационных проектов для различных компаний, в первую очередь для корпорации Samsung. Участвовал в проекте «Изобретающая Машина» (IMCorp) в качестве руководителя группы. Организовал создание он-лайн-овой обучающей системы «ТРИЗ-тренер» для сотрудников Samsung.

Изобретатель, автор ряда статей и книги «Использование «Деревьев эволюции» для обработки технической и патентной информации», изданной в Японии. Один из редакторов веб-сайта для изобретателей «Генератор» www.gnrtr.com



Литература

1. Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л., Зусман А. В. Поиск новых идей: От озарения к технологии (теория и практика решения изобретательских задач). – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989.
2. Шпаковский Н., Чуксин П., Новицкая Е. Прогнозные карты развития технических систем. – <http://www.gnrtr.com/tools/ru/a03.html>
3. Шпаковский Н. Обработка технической и патентной информации с использованием «Деревьев эволюции». Электронная книга (на японском языке). – <http://www.gnrtr.com/powers/ru/book01.html>
4. Balocchi Paolo. Study of single-blade propulsion system retractable engine sailplanes. Alisport Srl, Italy. http://www.alisport.com/pdf/ostiv_IN.pdf
5. Турбовинтовой двигатель НК-12. – <http://ephf.ispu.ru/avio/nk-12.htm> <http://ephf.ispu.ru/avio/nk-12.htm>
6. Ионный двигатель. – <http://www.warstar2000.narod.ru/articles/ionengine.htm>
7. Некрасов А. Приключения капитана Врунгеля. – <http://www.03www.ru/skazkii/s401.htm>
8. David Leonard. On Wings Of Light. – New Scientist, 1998, № 21165.