Смирнов Е.Е., кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет

ФОРДИЗАЙН: КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Аннотация: сегодняшний быстроразвивающийся мир требует применения специальных методов в оценке будущих событий. Типовые экспертные подходы чаще всего не позволяют получить приемлемый результат, так как используют линейные техники, которые не учитывают появления новых технологий. Коллективные способы обычно опираются на существующие решения и представляют собой нацеленные на предсказание будущих событий мозговые штурмы, которые принято называть форсайтами.

Для этой цели в современной теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) есть раздел, включающий в себя закономерности развития функциональных систем. Но имеющиеся способы работы с трендами, к сожалению, недостаточно алгоритмизированы. А значит, приходится опираться либо на интуицию, либо на анализ всех возможных вариантов, полученных, как правило, бессистемно и которых обычно оказывается слишком много для восприятия человеком. Это существенно затрудняет поиск и оценку идей, и может приводить к тому, что часть стоящих решений будет упущена.

В статье предложен алгоритм концептуального проектирования (фордизайн) функциональных систем, основанный на:

(1) концептуальном моделировании объектов реальности через их представление в виде функциональных систем;

(2) тройном анализе построенных моделей с их декомпозицией по форме, структуре и функциям;

(3) анализе жизненного цикла рассматриваемых систем и анализе эволюционного цикла класса систем;

(4) анализе функциональных надсистем и ближайшего окружения.

Также рассмотрено визуальное представление ключевых трендов с привязкой к S-кривой, показывающей характер эволюции функциональных систем, и принцип применения этих трендов для модификации функциональных систем.

Ключевые слова: концептуальное проектирование, фордизайн, тренды, функциональные системы, S-кривая, инновации, ТРИЗ

Введение

Инновационный процесс в развитии техники требует непрерывной поддержки со стороны методологии. Одним из важнейших направлений такой работы является прогнозирование. На основании прогнозов осуществляется планирование работ по созданию новых продуктов. Причём результаты таких прогнозов должны быть достаточно устойчивыми для систем любого типа.

В разных сферах народного хозяйства постоянно делаются попытки прогнозирования будущего. Пример одного из ранних подобных прогнозов представлен в работе [1].

Существуют различные методики прогнозирования в основных сферах деятельности человека. Все эти методики объединены в такую дисциплину как прогностика и их можно разделить на две большие группы: (1) нормативные и (2) исследовательские или изыскательские.

Нормативное прогнозирование является больше планированием на основе существующих технологий. Исследовательское прогнозирование можно разделить на следующие типы:

- экспертный подход (например, метод Дельфи);
- оценка будущих событий посредством экстраполяции существующих тенденций развития техники – этот подход является продолжением нормативного прогнозирования и предполагает, что имеющиеся тенденции в развитии какой-либо системы будут сохраняться и в будущем;
- групповые сессии по составлению дорожных карт развития через проведение мозговых штурмов (техника Foresight).

Но в целом, все они опираются на знания и интуицию экспертов, либо на инсайты участников сессий. Отсутствие научного подхода приводит к тому, что чаще всего принимаются банальные идеи, но могут отбрасываться перспективные оригинальные идеи. Прогноз на основании экстраполяций очевидных тенденций может давать релевантные результаты лишь на коротких временных интервалах и не учитывает принципиальных переходов в развитии систем, приводящих к появлению прорывных инноваций.

Кроме того, прогнозы больше характерны для случайных событий, законов изменения которых мы (пока) не знаем. Это могут быть, например, природные явления или даже социальные. Когда же речь заходит о технических системах или об организациях, то здесь управляемость достаточно высокая и значит возможно напрямую проектировать системы будущих поколений. Фордизайн (Foredesign) призван решить эту задачу, минимизируя риски линейных прогнозов.

Фордизайн хотя формально и относится к прогнозированию, но основывается на методологии современной теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), концептуальном моделировании и тенденциях развития функциональных систем, которые основаны на законах диалектики. А потому, такой подход может быть положен в основу проектирования (не прогнозирования) систем будущего.

Предпосылки

Прежде чем приступить к рассмотрению алгоритма проектирования новых систем, следует разобраться с основными понятиями: функциональные системы (ФС), закономерности развития ФС, – и правилами работы с ними. Здесь эти концепции будут представлены достаточно кратко со ссылками на источники, где можно познакомиться с ними более подробно.

Моделирование целевого объекта

Одним из объектов изучения науки творчества и современной ТРИЗ являются объекты реальности. Предметом здесь будут функциональные системы, правила их построения и преобразования, а также закономерности их развития.

Другим объектом является индивид. И предметом изучения здесь уже будет выступать продуктивное мышление с правилами его развития и применения.

Схематично сказанное можно изобразить следующим образом (рис. 1).

Рис. 1. Представление основных объектов и предметов изучения науки творчества и связь между ними в виде инструментов анализа и анализа-синтеза;
где ПМ – продуктивное мышление, ФС – функциональные системы

В рамках предлагаемого алгоритма необходимо выполнить построение архитектуры функциональной системы (рис. 2) через моделирование объекта по верхнему уровню с выделением основных функциональных элементов (функциональных подсистем – ФПС). Функциональные элементы обеспечивают наличие функционального потока для реализации главной полезной функции.

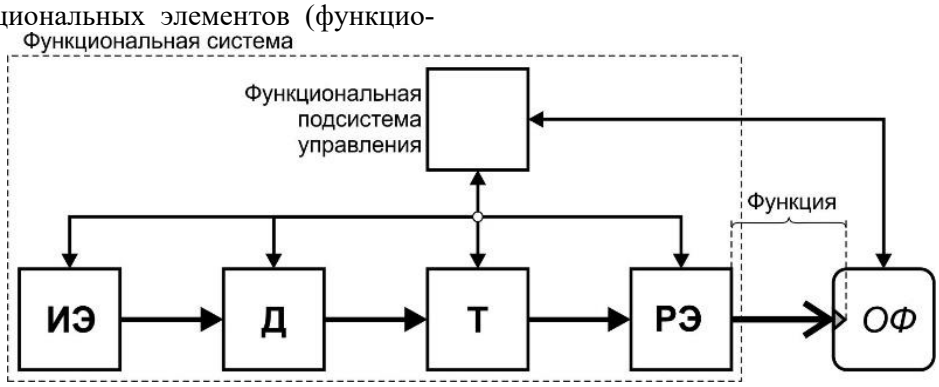

Рис. 2. Архитектура исполнительного уровня функциональной системы;
где ИЭ – источник энергии; преобразователи энергии: 1-го рода – двигатель (Д), 2-го рода – трансмиссия (Т); РЭ – рабочий элемент; ОФ – объект функции

Построенная модель является функциональной системой при выполнении следующих условий:

1. Наличие в архитектуре исполнительного уровня системы работоспособных элементов-преобразователей энергии.

2. Элементы соединены между собой и обеспечивают преобразование и свободное прохождение энергии от источника энергии (ИЭ) через рабочий элемент (РЭ) к объекту функции (является частью другой ФС).

3. Имеется в наличии функциональная система управления (внешняя или как подсистема целевой системы) – обменивающаяся энергией как носителем информации, с элементами ФС и с объектом функции. При создании системы достаточно обеспечить минимальную управляемость – с возможностью включения-выключения потока энергии.

Моделирование позволяет справиться со сложностью, возникающей при рассмотрении целевого объекта, а в последующем – достичь ещё большего понимания ситуации через применение аналитических инструментов. Моделирование объектов в виде функциональных систем и другие важные определения были даны в предыдущей работе автора [2].

Также, элементно-функциональная модель объекта (см. рис. 2) является универсальной – она может быть использована в практике специалистов из любой отрасли народного хозяйства.

Ниже будет сделан акцент на закономерностях эволюции функциональных систем и методических инструментах их применения посредством продуктивного (творческого) мышления.

Закономерности эволюции ФС и их структура

Каким закономерностям подчиняется эволюция функциональных систем? Первые тренды, как и вариант структуры машины (аналог ФС) были предложены ещё Карлом Марксом: механизация, развитие источника энергии, увеличение числа рабочих элементов. Представление о машинах как системах с назначением можно найти в первом томе «Капитала» [3]: *«Всякое развитое машинное устройство состоит из трёх существенно различных частей: машины-двигателя, передаточного механизма, наконец машины-орудия, или рабочей машины»*.

В рамках классической ТРИЗ, эти закономерности были расширены на основе анализа патентов и имеющихся технических решений [4].

На сегодняшний день существуют различные вариации этих трендов, но в основном лишь в виде разрозненных «линий», например, в работах [5, 6, 7]. И такое представление не даёт нового качества.

Тем не менее, в последовательности применения трендов также могут быть выделены свои взаимосвязи и закономерности. К примеру, для того чтобы повысить управляемость системы, инженеры должны подготовить её к этому этапу: необходимо добавить трансмиссию (развёртывание исполнительного уровня), повысить динамичность имеющихся связей, согласовать новые элементы с теми, которые уже присутствуют в системе и т.п.

Таким образом, на эволюционном цикле классов систем можно определить ориентировочные интервалы начала применения трендов, что позволит точнее определять потенциал развития систем.

Удобнее всего сделать такое представление на S-кривой (S-curve), распределив – очень приблизительно – имеющиеся основные закономерности развития функциональных систем по эволюционным этапам. Это позволит разработчику увидеть приоритетную последовательность их реализации. Все тенденции имеют множество субтрендов – механизмов для поддержки их реализации, которые в данной работе не рассматриваются.

S-кривая строится как зависимость ценности от времени, что отражает характер развития функциональных систем, стремящихся к увеличению ценности (или степени идеальности) (рис. 3). Первая версия такого подхода была опубликована ранее [8].

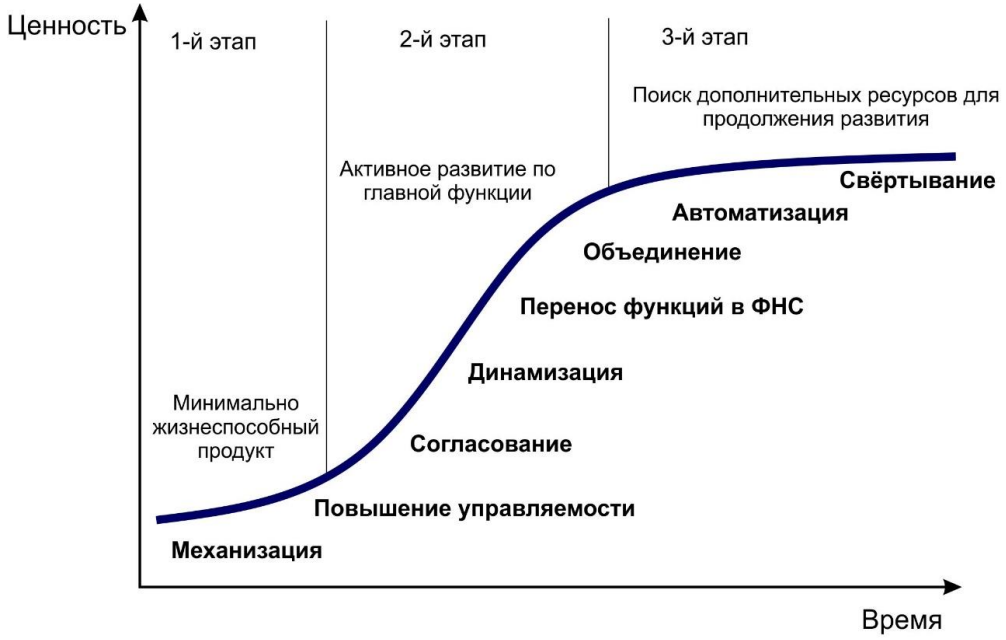

Рис. 3. S-кривая и основные закономерности

Первый этап характеризуется появлением системы как класса и её становлением. Здесь необходимо обеспечить устойчивость системы через наличие всех ключевых элементов и поддержание их совместной работоспособности – направленной на выполнение главной полезной функции системы.

Если системы ещё нет в наличии и все функции выполняет только человек, система стартует с механизации – появления искусственного рабочего элемента (РЭ). И далее продолжается развёртывание (усложнение) системы на исполнительном уровне – с вытеснением человека с этого уровня: заменой его действий искусственными технологиями.

Если новая система имеет прототип, на который опирается в своём рождении, тогда первый эволюционный этап обычно связан со сменой принципа действия (ПД) одного из ключевых функциональных элементов на исполнительном уровне прототипа – источника энергии, двигателя или рабочего элемента (изменение ПД РЭ приводит к революционному переходу – на новую S-кривую развития). И необходима проверка на соотношение «технических» элементов и тех, функции которых выполняет человек.

Функциональное развертывание приводит к необходимости повышения управляемости и проверки согласованности новых элементов с имеющейся структурой и надсистемными условиями. Это можно сделать различными способами, например, через динамизацию базовых сущностей: элементов и функций.

К завершению второго этапа наступает время автоматизации – развёртывания на уровне управления. Начинается качественный переход в повышении управляемости через вытеснение человека (замена действий человека технологиями) и с этого уровня. И затем возможен новый виток эволюции через смену принципа действия ключевых элементов на уровне управления. Функция принятия решений впоследствии также передаётся автоматике.

Третий этап обычно связан с более активным взаимодействием системы и её окружения. В частности, на этом этапе имеет место объединение систем, называемое также «переход в надсистему». Но ведь если надсистема уже определена, то система ей и так принадлежит – то есть является её элементом или подсистемой. И в этом случае, что значит этот «переход»?

Для более точной интерпретации этих принципов имеет смысл следующее разделение:

перенос функций в надсистему (например, когда вместо чайной ложки кубики сахара в чае перемешивает механизм, встроенный в кружку);

объединение систем, не находящихся друг с другом в иерархических отношениях (например, вилка и ложка могут быть объединены – это объекты одного уровня) с частичным свёртыванием;

объединение с перспективными системами, находящимися на первом этапе, что даёт возможность получить новые ресурсы для дальнейшего развития (например, традиционные очки с добавлением функции распознавания лиц или контактные линзы с функцией химического анализа слёзной жидкости).

Активное развитие функциональных систем (крутая часть S-образной кривой) приводит к увеличению числа компонентов (усложнение) и

накоплению ошибок, что можно исправить через применение таких инструментов как функционально-идеальное моделирование и свёртывание.

Также процесс развития происходит неравномерно для различных элементов ФС. На начальном этапе больше внимания уделяется РЭ, что приводит к опережению его развития. После чего усилия и ресурсы перебрасываются на дотягивание остальных частей.

Но как возможно использование такого подхода, применительно к совершенствованию функциональных систем?

Приложение трендов к ФС

Исходя из сказанного выше, очевиден вариант прямого применения трендов к элементам систем. Похожую технику предложил Шпаковский [7], но в его работе отсутствуют инструменты для обоснования выбора трендов и нет порядка их приложения. Кроме того, прямое использование комбинаторики без минимального упорядочивания может приводить к огромному числу вариантов преобразований, что осложнит их оценку и выбор наиболее перспективных направлений развития функциональных систем.

Причиной отсутствия таких инструментов является то, что функциональная структура систем хотя и рассматривается в теории, но вот на практике она не используется в полной мере, потому что функциональный подход не был достаточно развит в рамках классической ТРИЗ.

Прямой вариант использования хорошо известных трендов, применительно к основным частям технической системы представлен в работе [9]. Но, как и во многих других работах, здесь совершенно не используется функциональный подход. Также отсутствуют и правила преобразования элементов структуры системы.

Всё это приводит к тому, что тема проектирования систем будущего, хотя и актуальная, не находит дальнейшего развития в практической плоскости.

Тем не менее, при использовании системно-функционального подхода, возможно построение эффективной морфологической таблицы для упрощённого комбинирования: применение основных закономерностей (см. рис. 3) для базовых сущностей модели целевого объекта – ФС (см. рис. 2). На рис. 4 показан вариант совмещения архитектуры ФС и главных трендов.

	→ ИЭ	→ Д	→ Т	→ РЭ	→ ОФ
	in/Ф	*Э/ПД*	*Ф*	*Э/ПД*	*Ф*	*Э/ПД*	*Ф*	*Э/ПД*	*ГФ/out*	*Э*
Механизация										
Управляемость										
Согласование										
Динамизация										
Перенос функций										
Объединение										
Автоматизация										
Свёртывание										

Рис. 4. Таблица выбора стратегий развития ФС; *где Ф – функция; ГФ – главная функция; Э – элемент; ПД – принцип действия*

Практическое применение представленной морфологии возможно после проведения анализа функциональной системы, описываемого ниже.

Алгоритм концептуального проектирования функциональных систем

Предложенная морфология (см. рис. 4) является завершающей стадией тройного (ценностного) анализа, элементно-функционального анализа и эволюционного анализа ФС.

Этот алгоритм можно применять для достижения следующих целей:

- для «чистого синтеза», при отсутствии прямого прототипа;
- для проектирования модификаций систем – для различных условий эксплуатации и разных потребностей;
- для проектирования систем нового поколения – этот вариант также называют «прогнозированием».

Шаг 1. Выбор объекта рассмотрения

Сначала необходимо задать границы рассмотрения ситуации, так как изначально есть только целевая задача в виде общего описания неудобства или желания что-то сделать с объектом рассмотрения.

Если прототип выбран, то, с одной стороны, существующие решения вызывают целый ряд ментальных барьеров, связанных с действием психической инерции мышления по ряду привычных характеристик: форма, функция, принцип действия, термины (наименования), последовательность операций и т.п. Всё это усложняет переход к новым версиям продукта.

С другой стороны, прототипы – это своеобразные триггеры для нашего мышления, которые позволяют мысли оттолкнуться от них и пойти дальше. Неслучайно прогресс идёт постепенно, шаг за шагом: чем больше объектов сделано во всём мире, тем больше новых объектов (продуктов) возможно получить. Но для этого надо лишь научиться справляться с факторами, которые находятся с «первой стороны».

Если прототипа нет по какой-либо причине, то возможно либо выбрать самую эффективную по ключевой характеристике альтернативную систему, либо построить наиболее общую элементно-функциональную модель объекта и основных взаимодействий – исходя из требуемых функций системы.

Шаг 2. Моделирование объекта и анализ

Для начала работы по достижению одной из описанных выше трёх целей – по улучшению выбранного объекта, или по синтезу нового – необходимо построить модель этого объекта в виде ФС (см. рис. 2), составляющие которой обеспечивают реализацию главной полезной функции на эксплуатационной стадии жизненного цикла. При необходимости можно рассмотреть и другие стадии жизненного цикла конкретной системы, начиная с производства.

При выявлении недостатков – строятся элементно-функциональные модели конфликтов и выбираются инструменты по устранению этих конфликтов (см. шаг 3 ниже).

При рассмотрении сложной системы необходимо проведение тройного (ценностного) анализа, что позволит лучше понять построенную модель объекта и локализовать конфликты.

Если конфликтов достаточно много или имеет место протяжённый во времени или пространстве процесс, то имеет смысл также провести причинно-следственный анализ и/или потоковый анализ. Это позволит выявить не только все конфликты, но и определить ключевые.

Шаг 3. Анализ локализованных конфликтов

В процессе анализа модели могут быть обнаружены новые конфликты. Необходимо эти конфликты локализовать, и затем построить для каждого из них элементно-функциональную модель [10] с их последующим анализом.

При наличии противоречий условий следует перейти, например, к наиболее полной версии алгоритма решения изобретательских задач – АРИЗ-85В [5], который рекомендует решать т.н. мини-задачу. Это актуально, если имеются ограничения или если нет достаточных ресурсов и новой функциональной системе приходится оставаться в рамках прежнего принципа действия. Макси-задача связана уже со сменой условия в противоречии условий.

Шаг 4. Выявление внешних функциональных связей

Здесь необходимо учитывать отношения с другими системами и несистемными внешними факторами. Для этого надо выбрать стадии жизненного цикла системы, на которых будет сосредоточено внимание.

4.1. Выделение функциональных надсистем

Выделяется основной процесс, в котором система принимает участие на стадии эксплуатации. Такой процесс будет играть роль функциональной надсистемы (ФНС) для рассматриваемой функциональной системы. Надсистемой также может выступать другое устройство, частью которого становится рассматриваемая система.

4.2. Построение системных иерархий

Функциональные элементы усовершенствуемой системы (шаг 2) будут выступать в качестве подсистем, а выделенные на шаге 4.1 процессы или устройства – в качестве ближайших надсистем. Все вместе они образуют системную иерархию (или вертикаль) по заданной функции.

При рассмотрении нескольких стадий жизненного цикла, также возможно построить системный оператор жизненного цикла (СО.ЖЦ). В отличие от системного оператора эволюционного цикла (СО.ЭЦ), который будет построен ниже, эта конструкция относится к конкретной системе и отражает путь, который проходит продукт компании от производства до утилизации или вторичного использования.

4.3. Анализ системных иерархий

Для каждой стадии жизненного цикла у системы будет своя функциональная надсистема. Это даёт дополнительное понимание системы, её роли в различных процессах и новые идеи.

Системный оператор также помогает оценить:

- функциональный интерес стейкхолдеров и их позицию по отношению к системе;
- оставшиеся внешние отношения, в том числе и неочевидные – через проведение функционально-ориентированного поиска;
- имеющиеся и возможные драйверы (запросы, потребности, рыночные и технологические тренды) и ограничения (рис. 5):

○ вытягивание (Pull) «сверху»: необходимо оценить надсистемный запрос (стимул) на изменение системы и искать ресурсы для реализации изменений и для поддержания развития системы;

○ выталкивание (Push) «снизу»: что стимулирует выход продукта на рынок если нет прямых запросов на него?

○ внешние стратегические ограничения: необходимо проверить наличие запретов или помех для изготовления, распространения или использования продукта;

○ операционные ограничения: какие есть технологические трудности при изготовлении новой системы?

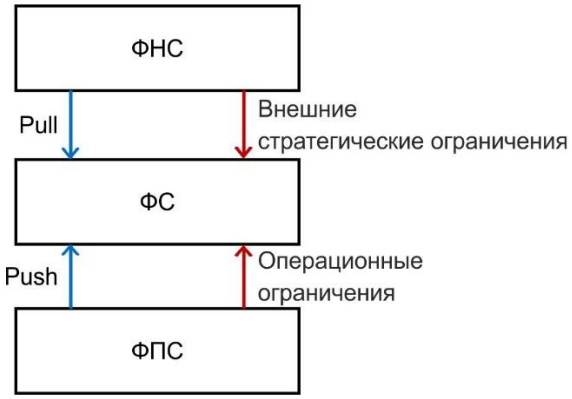

Рис. 5. Системная иерархия с оценкой драйверов и ограничений

Таким образом, потребности (надсистемные требования) «вытягивают» (Pull) функциональную систему в область высокой ценности. Возможности, зашитые в самой системе, в том числе по использованию новых материалов, нового принципа действия и других трендов – «выталкивают» (Push) систему в ту же область повышенной ценности. Напротив, внешние и внутренние ограничения сдерживают эти процессы (см. рис. 5).

Шаг 5. Эволюционный анализ

Эволюционный анализ проводится с использованием S-кривой через определение идеального представления функциональной системы в качестве ориентира и приложением закономерностей развития в качестве направляющих на идеальный образ.

Для того, чтобы оценить прошлый опыт развития класса систем, необходимо провести ретроспективный диагностический анализ её эволюции. Это позволит сделать оценку потенциала развития сегодняшней системы. После чего возможно дать наиболее точные рекомендации по проектированию системы следующего этапа или даже следующего поколения.

5.1. Определение эволюционного этапа в развитии ФС

Установление эволюционного этапа позволяет понять, какие тренды необходимо применять в первую очередь. Для этого требуется знать по каким критериям соотносить систему и этапы развития.

Индикаторы этапов (см. рис. 3):

1-й этап. Есть отдельные рабочие образцы, но массового продукта на рынке ещё нет. Конец первого этапа может быть охарактеризован как «знак вопроса» или «проблемный ребёнок» в соответствии с матрицей BCG.

2-й этап. Активный захват рынка и распространение в различные сферы жизни людей. На второй части этого этапа продукт может быть назван «звездой» в случае успешного завоевания высокой доли быстрорастущего рынка.

3-й этап. Продукт занимает устойчивое положение на слабо растущем рынке. Это «дойная корова».

4-й этап. Продукт переходит в узкую нишу, или вообще уходит с рынка после вытеснения его продуктом нового поколения. Это продукт – «собака».

5.2. Построение системного оператора эволюционного цикла ФС

Системный оператор эволюционного цикла будет относиться не к определённой системе, но к классу систем. На Рис. 6 представлен системный оператор с вложенной структурой системных уровней (холархия). Здесь системная иерархия для настоящего момента времени, будет совпадать с системной иерархией для стадии эксплуатации (по главной функции), жизненного цикла этой системы (см. шаг 4)

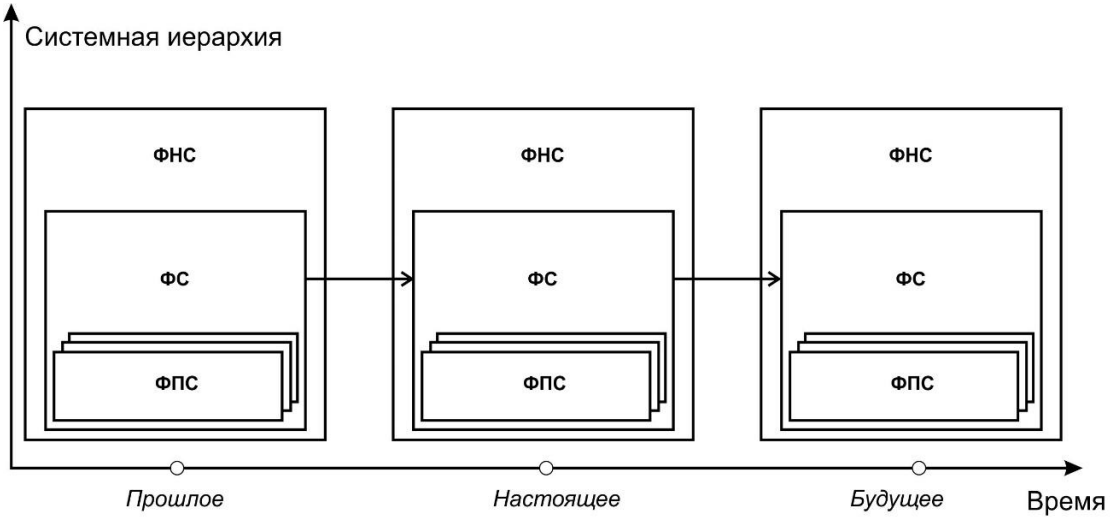

Рис. 6. Системный оператор эволюционного цикла (СО.ЭЦ), показывающий вложенную структуру систем разного уровня (холархия)

Построение системных иерархий для предыдущих поколений системы позволяет сделать первые оценочные предположения на дальнейшее развитие системы. Для этого необходимо провести диагностический анализ перехода прошлой системы к системе настоящего. И после этого можно применить те же самые приёмы, которые способствовали развитию системы в то время. Но необходимыми условиями для такого подхода является наличие: однотипных конфликтов в обеих системах и потенциала роста по текущему принципу действия.

5.3. Выбор ориентира в развитии ФС

Так как не всегда может быть известно желаемое будущее состояние системы, то удобно сразу строить её функционально-идеальный образ.

Идеальная система может быть получена через её предельную ценность, которая рассчитывается как отношение функциональности к стоимости затрат и потерь. Такой подход позволяет получить целый ряд способов идеализации целевой системы [11].

Так как модель объекта – это абстракция, то максимальное абстрагирование предполагает наличие только самой существенной характеристики – функции. В итоге, идеализированную систему можно получить несколькими способами, изменяя соотношение функциональности и стоимости. Например, этого можно добиться через устранение вредных функций, нормализацию неадекватных функций, добавление новых актуальных функций – с одновременным снижением стоимости расходов на систему, или даже через повышение затрат на изготовление при значительно более высоком росте функциональности и т.п.

Также удобно определить идеальное представление целевой функциональной системы на каждой из выбранных стадий жизненного цикла. Это представление будет зависеть от главных функций и тех результатов, которые требуется получить на каждой стадии.

Например, идеальная система на стадии транспортировки – с минимальным объёмом и массой; на стадии «демонстрации» на полке в магазине – с дополнительными функциями, направленными на привлечение внимания целевой аудитории; на стадии эксплуатации – с минимальными затратами энергии и времени пользователя на обучение и применение системы по назначению; на стадии утилизации – с возможностью повторного использования отдельных частей системы, или замена на новую систему без дополнительных расходов.

5.4. Использование направляющих для приближения ФС к идеалу

На этом шаге эволюционного анализа предусмотрена оценка системы на выбранных стадиях жизненного цикла по степени приближения к идеальным вариантам. Это удобно делать через сопоставление «пройденного пути» с пределом развития по основным закономерностям (см. рис. 3) для всех сущностей, входящих в архитектуру функциональной системы: элементов и функций. Такую оценку лучше выполнять визуализируя результат, например, с использованием графиков типа Radar Plot.

Закономерности – это последовательности рекомендуемых преобразований, указанных выше сущностей в направлении повышения ценности (степени идеальности) функциональных систем. Такие преобразования удобно выполнять по схеме, предложенной на рис. 4. Таблица выбора стратегий развития ФС может быть заполнена следующим образом:

1) необходимо сделать основные преобразования;

2) оценить результаты преобразований и выбрать стратегии дальнейшей работы;

3) составить план работы с выбранными стратегиями – через постановку и распределение задач между участниками инновационного проекта.

Аналогичные таблицы, при необходимости, могут быть построены для подсистемы управления, а также, если для этого нет ограничений в условиях задачи – для ФС-«изделия», расположенной со стороны объекта функции, который играет роль рабочего элемента в архитектуре этой системы.

Шаг 6. Оценка результатов

При преобразованиях могут возникать конфликты с элементами системы, с объектом главной функции или со стейкхолдерами. Для устранения конфликтов необходимо использовать специальные правила и алгоритмы, в случае одиночных проблемных функций [11], и более сложные инструменты анализа-синтеза при наличии противоречия условий (см. шаг 3).

Проверить влияние изменений в системе на события в различных сферах жизни общества, можно через специальные классификации, используемые в рамках форсайтов, например, STEEP or EGETEC.

Также возможно проведение инверсного анализа, например, Anticipatory Failure Determination (AFD), на проверку устойчивости полученных решений к различным случайным факторам, которые могут присутствовать в той среде, в которой будет пребывать новая система после изготовления – это относится к жизненному циклу конкретной системы.

И остаётся выполнить ранжирование выбранных концепций по эффективности и возможности реализации, исходя из общей ситуации в сфере, к которой относится система, и имеющихся к моменту получения решений драйверов и ограничений (см. шаг 4.3).

Резюме

В работе представлены основные правила концептуального моделирования объектов, и основанный на нём алгоритм проектирования функциональных систем. Этот алгоритм удобно использовать в качестве своеобразного чек-листа при проведении проектной работы по разработке новых продуктов. На рис. 7 показана упрощённая блок-схема последовательности проведения концептуального проектирования функциональных систем.

Предложенное концептуальное проектирование новых систем (фордизайн) основано на следующих положениях:

1. Необходимо использовать функциональный подход в построении архитектуры системы – это позволяет перевести её на практический уровень.

2. В случае достаточно сложной структуры, следует использовать предварительно тройной (ценностный) анализ системы на предмет лучшего её понимания и локализации скрытых конфликтов.

3. Локализованные конфликты следует моделировать и устранять, применяя к этим моделям специальные правила.

4. Анализ системы показывает точки сосредоточения усилий инженеров.

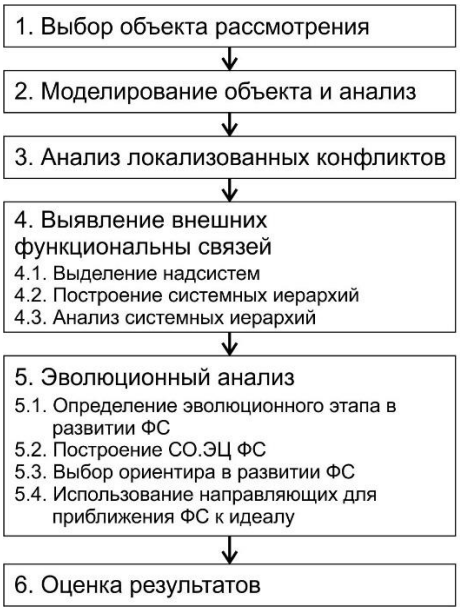

Рис. 7. Упрощённая блок-схема проведения фордизайна: алгоритма концептуального проектирования функциональных систем (АКП.ФС)

Такой подход даёт возможность:

- проектировать новые системы, в том числе, предсказывая появление новых принципов действия;
- получать множество патентов и создавать «патентные зонтики», учитывая все самые перспективные модификации будущих систем;
- вырабатывать стратегии развития компании через создание нового видения.

Выводы

Концептуальное моделирование позволяет работать с объектами любой природы, представляя их в виде функциональных систем различных типов: технических, информационных, социальных, организационных, в том числе бизнес-систем, отличающихся в основном степенью управляемости.

Чтобы успешно применять инструменты современной ТРИЗ, необходимо проектировать мышление для творчества (см. рис. 1). Дидактика образовательного процесса отвечает за это в значительной степени.

Для повышения эффективности работы мышления по улучшению продуктов компаний и самих компаний, помимо знания инструментов, следует принять во внимание следующие факторы, согласующиеся с законами диалектики [12], которые были предложены для описания механизмов развития природы: психологическая готовность к новаторству (закон отрицания отрицания); умение работать с противоречиями (закон взаимного проникновения противоположностей); необходимость оценивать величину любых изменений и возможности прорывных инноваций (закон перехода количества в качество и обратно).

В этом исследовании представлен инструмент для разработки новых продуктов, основанный на методологии науки творчества и современной ТРИЗ, которая является целостной, хотя и не самой простой в использовании. Но такой подход позволит компаниям создавать новые продукты, не упуская ни одного ключевого решения.

Литература

1. Thomson George. The Foreseeable Future. Cambridge, England: Cambridge University Press. 1955.

2. Smirnov E.E. Formula of Concepts Definition and Its Application to Basic Concepts of Contemporary TRIZ. In TRIZ Future Conference 2018: Professional Proceedings, 29-31 October, (P. 213 – 223). Strasbourg, France. 2018. Retrieved from: https://tfc2018.fr/professional-papers

3. Marx, Karl. Capital. A Critique of Political Economy. Vol. I: The Process of Production of Capital. Chicago: C.H. Kerr & Company. 1906 [1867]. Retrieved from: https://archive.org/details/capitalcritiqueo01marx

4. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. Теория решения изобретательских задач. М.: Советское радио. 1979.

5. Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В., Филатов В.И. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач). Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. 381 с.

6. Mann D.L. Hands-On Systematic Innovation. CREAX Press, Ieper, Belgium. 2002.

7. Shpakovsky N.A. Trees of evolution. Analysis of technical information and generation of new ideas. 2006. Retrieved from: https://triz-journal.com/abstract-book-evolution-trees

8. Смирнов Е.Е. Новое представление закономерностей развития технических систем // ТРИЗ-конференция Москва, 2007. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.metodolog.ru/01121/01121.html

9. Leon N. Trends and patterns of evolution for product innovation, Journal of TRIZ. 2006. Retrieved from: https://triz-journal.com/trends-patterns-evolution-product-innovation

10. Смирнов Е.Е. Элементно-функциональное моделирование конфликтов: ЭФМ.К // Материалы ежегодной научно-практической конференции «Три поколения ТРИЗ», посвященной 90-летию Г.С. Альтшуллера СПб.: РА ТРИЗ, РОО «ТРИЗ-Петербург». 2016. С. 4 – 13. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ratriz.ru/konferentsii/tri-pokoleniya-triz-2016

11. Smirnov E.E. Applied Ideality: From Concepts to Inventive Problem Solving Algorithm. In: Benmoussa R., De Guio R., Dubois S., Koziołek S. (eds) New Opportunities for Innovation Breakthroughs for Developing Countries and Emerging Economies. TFC 2019 // IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2019. Vol. 572. P. 45 – 54. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32497-1_5

12. Engels, Frederick. Dialectics of Nature. Lawrence and Wishart Ltd. London. 1940 [1878].

References

1. Thomson George. The Foreseeable Future. Cambridge, England: Cambridge University Press. 1955.
2. Smirnov E.E. Formula of Concepts Definition and Its Application to Basic Concepts of Contemporary TRIZ. In TRIZ Future Conference 2018: Professional Proceedings, 29-31 October, (P. 213 – 223). Strasbourg, France. 2018. Retrieved from: https://tfc2018.fr/professional-papers
3. Marx, Karl. Capital. A Critique of Political Economy. Vol. I: The Process of Production of Capital. Chicago: C.H. Kerr & Company. 1906 [1867]. Retrieved from: https://archive.org/details/capitalcritiqueo01marx
4. Al'tshuller G.S. Tvorchestvo kak tochnaya nauka. Teoriya resheniya izobretatel'skih zadach. M.: Sovetskoe radio. 1979.
5. Al'tshuller G.S., Zlotin B.L., Zusman A.V., Filatov V.I. Poisk novyh idej: ot ozareniya k tekhnologii (Teoriya i praktika resheniya izobretatel'skih zadach). Kishinev: Kartya Moldovenyaske, 1989. 381 s.
6. Mann D.L. Hands-On Systematic Innovation. CREAX Press, Ieper, Belgium. 2002.
7. Shpakovsky N.A. Trees of evolution. Analysis of technical information and generation of new ideas. 2006. Retrieved from: https://triz-journal.com/abstract-book-evolution-trees
8. Smirnov E.E. Novoe predstavlenie zakonomernostej razvitiya tekhnicheskih sistem. TRIZ-konferenciya Moskva, 2007. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.metodolog.ru/01121/01121.html
9. Leon N. Trends and patterns of evolution for product innovation, Journal of TRIZ. 2006. Retrieved from: https://triz-journal.com/trends-patterns-evolution-product-innovation
10. Smirnov E.E. Elementno-funkcional'noe modelirovanie konfliktov: EFM.K. Materialy ezhegodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Tri pokoleniya TRIZ», posvyashchennoj 90-letiyu G.S. Al'tshullera SPb.: RA TRIZ, ROO «TRIZ-Peterburg». 2016. S. 4 – 13. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://ratriz.ru/konferentsii/tri-pokoleniya-triz-2016
11. Smirnov E.E. Applied Ideality: From Concepts to Inventive Problem Solving Algorithm. In: Benmoussa R., De Guio R., Dubois S., Koziołek S. (eds) New Opportunities for Innovation Breakthroughs for Developing Countries and Emerging Economies. TFC 2019 // IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2019. Vol. 572. P. 45 – 54. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32497-1_5
12. Engels, Frederick. Dialectics of Nature. Lawrence and Wishart Ltd. London. 1940 [1878].

Smirnov E.E., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Saint Petersburg State Marine Technical University

CONCEPTUAL FOREDESIGN OF FUNCTIONAL SYSTEMS

Abstract: today's fast-developing world requires a special method to the evaluation of future events. Conventional expert approaches often do not allow to obtain an acceptable result, as they use linear techniques that do not take into account the emergence of new technologies.

For this purpose, in contemporary TRIZ there is a section that includes the trends of functional systems evolution. But the existing ways to work with trends, unfortunately, are not sufficiently algorithmized. So, it is necessary to rely either on intuition, or on passing through all conceivable options of changes. This makes it very difficult to evaluate ideas, and can lead to the fact that some of the ideas will be missed.

In the paper a systematic algorithm for conceptual foredesign of functional systems is offered. The algorithm is based on:

(1) conceptual modeling of real objects as functional systems;

(2) triple analysis of the models with decomposition of form, structure and functions;

(3) life cycle analysis of considered systems and evolutionary cycle analysis of systems as classes;

(4) analysis of functional super-systems and the immediate environment.

A visual representation of the key trends of systems evolution and the principle of their application to the modification of functional systems are also considered.

Keywords: TRIZ, conceptual foredesign, S-curve, functional system, innovations, evolution trends