**Лекция № 7 (24)** – 13.10.23 г. МФСАиП

**8.1.4.6. Методология функционально-стоимостного анализа и**

**проектирования**

Проектирование систем, тем более сложных, требует значительных затрат. Поэтому всегда и остаётся сейчас актуальной проблема их снижения. С этой целью в конце сороковых – начале пятидесятых годов прошлого столетия специалистами Пермского телефонного завода и компании “Дженерал электрикс” были разработаны эффективные методы снижения себестоимости промышленной продукции [1, 2], получившие впоследствии название метода функционально-стоимостного анализа (ФСА) и являющиеся основой методологии функционально-стоимостного анализа и проектирования (ФСАиП), которая рассматривается в данном случае. Суть методологии ФСАиП состоит в следующем.

ФСА основан на функциональном подходе, при котором объектом анализа является не конкретный объект в его реальной форме, а множество выполняемых им функций, выявляемых на периоде проектирования жизненного цикла объекта, который рассмотрен ранее. Множество функций, реализуемых автоматизированной информационной системой, которая является ядром любой автоматизированной системы обработки информации и управления или следующих из неё частных вариантов, рассматривается далее в контексте базовой функционально-структурной модели архитектуры АСОИУ. Там же и в контексте этой же модели рассмотрен комплекс средств автоматизации и построено множество альтернатив выбора инструментальных средств, пригодных для реализации имеющегося множества функций.

Целью функционально-стоимостного анализа является определение необходимого и достаточного множества функций, поиск альтернативных способов выполнения этих функций и среди них тех, которые могут быть реализованы с наименьшими затратами при сохранении или повышении качества объекта. В конечном итоге для АСОИУ должна быть обеспечена минимальная потребительная стоимость информационных услуг, предоставляемых пользователям, которая рассмотрена далее в страте **совершенство** базовой морфологической модели архитектуры АСОИУ.

При проведении ФСА важно с максимально возможной четкостью определять и точно формулировать все функции, которые должна реализовывать автоматизированная система. Для этого рекомендуются соответствующие правила [1, 6-8], методы [2] и принципы.

**Правила.** Они фиксируют содержательный смысл функционально - стоимостного анализа. Самое главное, это означает, что:

- анализ продукта или услуги, производимого или предлагаемой объектом, должен осуществляться с учётом его или её пользы для потребителя, т.е. какую пользу или выгоду будет иметь пользователь, приобретя продукт или услугу,

- при анализе объекта, тем более сложного, обладающего широким спектром свойств, должны тщательно выявляться и учитываться только те свойства, которые являются решающими для качества продукта, услуги или объекта в целом,

- анализ должен обеспечить если не минимальные суммарные затраты на создание и эксплуатацию объекта, то, по крайней мере, не далёкие от них, что должно быть убедительно аргументировано,

- в процессе функционально-стоимостного анализа необходимо изыскивать возможности и пути использовать вспомогательные функции, улучшающие качество объекта, но ценой дополнительных затрат, для производства сопутствующих продуктов и услуг, полезных потребителю, тем самым снижая итоговую стоимость объекта,

- в центре внимания при анализе должен находиться критерий “стоимость – цена”, который является важнейшим для потребителя,

- в основе анализа должно находиться полное множество функций, которые могут быть по разному реализованы в объекте, включая не только предпочтительные функции, но в обязательном порядке альтернативные и избыточные.

Здесь рассмотрены основные правила проведения ФСА. Детальным вопросам методологии посвящены работы [1, 6-8, 11, 13]. Опыта проведения ФСА за рубежом рассмотрен в [5, 9, 10].

**Методы.** Для поиска решений в координатах приведённых правил, методология предлагает следующие методы:

- метод аналогии. Базируется на ассоциативном мышлении человека и подразумевает использование представлений о сходных признаках, свойствах, характеристиках одного объекта для поиска решений в отношении другого объекта. При этом аналогии могут быть совершенно различными, например: прямые аналогии связаны с поиском ассоциаций в живой̆ природе; символические аналогии основываются на ассоциациях с любым символом – изображением, словом, числом, образом, мыслью и т.д.;

- метод эмпатии. Является частным случаем аналогии и реализуется с помощью проведения аналогии между исследователем и объектом исследования. Отождествление исследователя с объектом позволяет проанализировать большое количество аспектов функционирования и способствует разработке новых вариантов исполнения объекта;

- метод инверсии. Направлен на поиск идей решения функционирования объекта в новых, неожиданных направлениях, чаще всего, противоположных традиционным взглядам. Определение новых направлений осуществляется за счет использования противоположных процедур: анализа и синтеза, увеличения и уменьшения, ускорения и замедления, разъединения и объединении;

- методы несистематизированного поиска новых идей. Сюда относятся:

- мозговой штурм. Совещание экспертов, осуществляемое по специально разработанному плану с целью получения максимального количества идей за короткий̆ промежуток времени;

- метод контрольных вопросов. Сущность данного метода состоит в психологической̆ активизации творческого процесса, основанной̆ на использовании наводящих вопросов в отношении объекта исследования;

- метод гирлянд ассоциаций и метафор.Генерирование новых идей производится через формирование ассоциаций в определённой̆ логической̆ последовательности;

- метод синектики (с др.-греч – совмещение разнородных элементов.Обсуждение в небольшой группе (до шести человек) разноплановых специалистов различных аспектов проблемы и благодаря дисгармонии суждений выяснение того, каким видят ее решение участники.

Эти методы позволяют сформировать множество альтернативных проектных решений и далее произвести их стоимостную оценку с целью аргументированного выбора предпочтительного варианта.

**Принципы.** Ориентируют проведение функционально-стоимостных оценок на наиболее критичные к проектным ошибкам этапы жизненного цикла объекта (или системы), каноническая модель которого рассмотрена ранее. Методология использует следующие принципы:

- принцип ранней диагностики***.*** Сущность его состоит в том, что величина выявленных резервов зависит от того, на каком периоде жизненного цикла проводится ФСА: создания, эксплуатации или утилизации. Излишние затраты в основном закладываются на периоде создания и конкретно проектирования. То есть максимальный эффект от проведения анализа может быть получен при проектировании, когда можно предупредить излишние затраты не только на изготовление, монтаж, испытания и эксплуатацию объекта, но и на его утилизацию;

-принцип приоритета.Поскольку метод ФСА не имеет еще широкого распространения и не охватывает всевозможные объекты (виды продукции, технологии и т. д.), а количество специалистов, владеющих методикой, недостаточно, то в первую очередь ФСА должны подвергаться процессы и объекты, которые находятся на периоде проектирования и будут производиться в больших масштабах. Это позволит, во-первых, сделать максимальным результат ФСА при минимальных затратах на его проведение. Во-вторых, значительный эффект от применения метода будет способствовать его более широкому признанию;

- принцип оптимальной детализации функций объекта*.*Главный смысл принципа - выделение функций, обеспечивающих потребительские свойства объекту. Но если исследуемый объект слишком сложный, то в результате таких функций окажется очень много. Тогда эти функции следует разбить на группы и установить последовательность их анализа.

- принцип последовательности*.*Следует из предыдущего принципа и предполагает оптимальную очередность проведение анализа выделенных групп функций.

- принцип выделения ведущего звена (ликвидации узких мест). Чаще всего при анализе выясняется, что в объекте (системе) имеется какая-то часть, которая требует больших затрат на обеспечение жизнеспособности этого объекта или сдерживает получение эффекта от его использования. Понятно, что в данном случае исследования более целесообразно направлять на ликвидацию этих сдерживающих обстоятельств или направлений.

Благодаря такому выбору направления исследования минимальные затраты на проведение ФСА приведут к активизации всей анализируемой системы и существенно увеличат общий эффект от ее функционирования.

Здесь рассмотрены основные принципы проведения ФСА. Детальным вопросам методологии посвящены работы [2, 12].

Далее важная и наиболее трудоемкая процедура – это стоимостная оценка функций [1, 2, 4].

**Стоимостная оценка функций.** Предназначена для получения количественных оценок затрат на реализацию конкурирующих ансамблей функций и выбор из них варианта с минимальной стоимостью.Для этого используются следующие методы:

- метод укрупнённого калькулирования. Обеспечивает предварительную оценку при ограниченном объёме информации;

- метод удельных затрат. Применяется в случае, когда у аналитика имеется документация, из которых можно установить массу объекта и его составных частей, их габариты, заготовки, материал и т.п., а также количество оригинальных деталей. Себестоимость в этом случае рассчитывается по прямым затратам: основные материалы +покупные полуфабрикаты (комплекты) + оплата труда + оснастка, инструмент.

- метод элемент коэффициентов. Применяют для расчета себестоимости изделий из унифицированных элементов. Элемент коэффициент- это отношение себестоимости данного конструктивного элемента какого-либо типа к себестоимости базового конструктивного элемента. Данный метод прост для проведения анализа, но требует большого количества нормативов и не может охватить всего многообразия элементов конструкций;

- метод размерных коэффициентов. Применяют для расчета себестоимости изделий, если есть геометрически подобные изделия, себестоимость которых известна. Размерный коэффициент— это отношение основных параметров линейных размеров оцениваемых изделий к соответствующим параметрам линейных размеров базового изделия геометрически подобного данному;

- метод корреляционного моделирования. Предполагает установление корреляционной зависимости себестоимости изделия от одного или нескольких параметров, используя линейную зависимость Y= a0+a1x1+a2x2+……anxn.

Силу влияния каждого параметра оценивают с помощью коэффициента парной корреляции между себестоимостью и данным параметром. Параметр существенен, если коэффициент превышает значение 0,5.

Здесь рассмотрены основы методологии Технико-экономической оптимизации. Детальным вопросам методологии посвящены работы [1, 2, 4].

Функционально-стоимостный анализ является основой функционально-стоимостного проектирования автоматизированной системы. Основной целью ФСП является предупреждение и исключение на периоде проектирования функционально излишних затрат на создание системы. При этом нужно придерживаться череде следующих этапов [3]:

**Подготовительный этап*.*** Главное на этом этапе – это оценка применимости и реализуемости данной методологии в реальных текущих условиях.

**Информационный этап*.*** Главная задача, которая решается на этом этапе - сбор, изучение и обобщение различных данных об исследуемом объекте. Они должны отражать условия производства, реализации и потребления изделия, новейшие достижения в отраслях науки и техники, так или иначе связанных с этим объектом, удерживать всю без исключения экономическую информацию, имеющую отношение к анализируемому объекту. Данный этап часто называют фундаментом ФСА, потому что от полноты и достоверности собираемой информации во многом зависит успех последующих этапов ФСА.

**Аналитический этап*.*** На данном этапе прежде всего проводятся детализация изучаемого объекта на функции, их классификация, определение [стоимости](http://www.cis2000.ru/cisFinAnalysis/ktnekramxp/) каждой из них. Практически это означает создание функционально-стоимостной модели объекта. В результате проведенных исследований должны быть выявлены зоны наибольшей концентрации затрат (в том числе и ненужных), т.е. наиболее перспективные зоны с точки зрения задач ФСА. На основании этого формулируются задачи по усовершенствованию объекта с целью сокращения затрат на его производство, выбираются направления дальнейшего исследования.

**Творческий этап*.*** На этом этапе осуществляется разработка вариантов упрощения и удешевления конструкции изделия или технологии. Здесь решаются различные задачи по совмещению функций, возможности [ликвидации](http://www.cis2000.ru/cisFinAnalysis/ctxeframpx/) ненужных функций, удешевления элементов конструкции, устанавливаются разные варианты выполнения основных функций, производится обсуждение и отбор наиболее реальных вариантов с точки зрения их реализации.

**Рекомендательный этап*.*** На этом этапе определяется окончательный вариант изменений исследуемого объекта. При этом оформляется вся необходимая документация по выбранному варианту, подготавливаются проекты плана-графика внедрения результатов анализа.

**Внедренческий этап.** На данном этапе завершается план-график внедрения, осуществляются работы по его выполнению.

**Контрольно-эксплуатационный этап*.*** Он основывается на том, что пользователь является истинным ценителем надежности и качества объекта и поэтому сбор и обобщение мнений пользователей становится особенно важным.

Методология функционально-стоимостного анализа и проектирования, как, впрочем, и другие методологии, включает процесс выдвижения новых идей, которые должны тщательно анализироваться и систематизироваться. При этом полезными являются методика **ТРИЗ** (**Т**еория **Р**ешения **И**зобретательских **З**адач) и инструментарий **IdeaFinder**

**ТРИЗ** ориентирована на:

- поиск различных нетривиальных идей,

- выявление и решение многих творческих проблем,

- выбор перспективных направлений развития техники,

- технологии и снижение затрат на их разработку и производство

- развитие творческого мышления

- формирование творческой личности и коллективов.

**IdeaFinder** - новый инструмент для создания конкурентоспособной продукции, технологий, материалов. Его важной отличительной чертой системы является то, что она позволяет создавать непрерывный поток сильных идей и решений. Именно этого требуют условия жесткой конкуренции на рынке для создания стабильного конкурентного превосходства.

Технология, которую использует система **IdeaFinder** для решения задач, основана на психологии мышления человека, общих закономерностях развития систем и информационных технологий, базе знаний, ориентированной на использование для решения задач накопленный человечеством опыт в создании изобретений в самых различных областях техники и бизнеса. Эффективность работы системы проверялась на протяжении нескольких лет при создании, производстве и совершенствовании высокотехнологичных изделий в оборонной промышленности, а также при решении сложных бизнес - задач.

Данная система является универсальным инструментом решения творческих задач во многих сферах человеческой деятельности. Вот некоторые из них:

- повышение эффективности продаж различной продукции либо услуг,

- повышение эффективности рекламы,

- совершенствование продукции или услуг, доведение их качества и потребительских свойств до конкурентоспособного уровня,

- повышение качества и производительности технологических процессов, бизнес-процессов,

- снижение стоимости продукции, услуг, устранение непроизводственных затрат, снижение материалоёмкости и энергоёмкости продукции, снижение эксплуатационных затрат,

- устранение брака и снижение отходов производства,

- ликвидация чрезвычайных или аварийных ситуаций их последствий.

В итоге рассмотрены методологии проектирования современных информационных систем:

классическая,

системная,

структурная,

объектная,

концептуальная,

функционально-стоимостная,

которые формируют методологический базис базовой морфологической модели архитектуры АСОИУ, содержащий ответ на вопрос: как создать систему? Методологии не имеют четких разграничений и противопоказаний к применению между собой. В реальной практике применяемая одна из них в качестве основной дополняется по необходимости другими.

Создаваемые посредством этих методологий автоматизированные системы должны быть целесообразными, т.е. предназначенными для достижения определённых целей, которые рассматриваются далее.

**Контрольные вопросы для самопроверки знания**

**лекционного материала**

**КВ №336.** Дать лекционные определения понятий “методология”, “способ”, “метод” и довести воспроизведение понятий до автоматизма, т.е. быстро и правильно по памяти. Методология функционально-стоимостного анализа и проектирования: краткая характеристика (ключевые слова – назначение, правила, методы, принципы, этапы, инструменты) - - в логически взаимообусловленной последовательности, используя лекцию, раскрыть смысл ключевых слов. Объём ответа – строго 1 лист или менее с одинарным межстрочным интервалом шрифтом №14, включая формулировку КВ. Ответ подготовлен “способом” или “методом”.

**КВ №337.** Дать лекционные определения понятий “методология”, “способ”, “метод”, “цель”, “проект” и довести воспроизведение понятий до автоматизма, т.е. быстро и правильно по памяти. Охарактеризовать рациональную сущность методологии в прикладном аспекте: методология проектирования АСОИУ (цели проектирования).

**КВ №338.** Дать лекционные определения понятий “методология”, “способ”, “метод”, “цель”, “проект” и довести воспроизведение понятий до автоматизма, т.е. быстро и правильно по памяти. Краткая характеристика методологического базиса БММ: состав методологий, их особенности, целеполагание базиса.

**КВ №339.** Дать лекционные определения понятий “объект управления”, “объект автоматизации”, “отношение” и привести из лекции графические модели электропечи как объекта автоматизации и объекта управления, а также системы управления температурой в нагревательной камере электропечи. Довести воспроизведение определений и моделей до автоматизма, т.е. быстро и правильно по памяти. В каких связях или отношениях находятся приведённые модели. Принципиальное различие моделей электропечи как объекта автоматизации и объекта управления.

**КВ №340.** Дать лекционные определения понятий “система управления”, “система автоматического управления”, “автоматизированная система управления” и довести воспроизведение определений до автоматизма, т.е. быстро и правильно по памяти. Построить графические модели САУ и АСУ. Привести из лекции динамические характеристики электропечи как объекта управления и их краткая характеристика. Ролевые функции присутствия человека в САУ и АСУ.

**КВ №341.** Дать лекционные определенияпонятий “объект автоматизации”, “объект управления” и привести из лекции графические модели электропечи как объекта автоматизации и как объекта управления, а также СУ температурой в нагревательной камере электропечи. Довести воспроизведение определений и моделей до автоматизма, т.е. быстро и правильно по памяти. Кратко изложить принцип действия электропечи и СУ температурой в нагревательной камере электропечи. Вектор возмущающих воздействий **W** на электропечь как объект управления: краткая характеристика (физический смысл).

**КВ №342.** Дать лекционные определенияпонятий “объект автоматизации”, “объект управления” и привести из лекции графические модели электропечи как объекта автоматизации и как объекта управления, а также СУ температурой в нагревательной камере электропечи. Довести воспроизведение определений и моделей до автоматизма, т.е. быстро и правильно по памяти. Влияние массы (веса) слитков на работу печи и функционирование СУ температурой в нагревательной камере электропечи. Контроль (измерение) массы (веса) слитков и оценка результатов измерений (контроля) с помощью вероятностных характеристик экспериментальных данных (состав вероятностных характеристик и их физический смысл).

**КВ №343.** Дать лекционные определенияпонятий “система управления”, “система автоматического управления”, “автоматизированная система управления”, “ручная система управления” и довести воспроизведение определений до автоматизма, т.е. быстро и правильно по памяти. Построить графические модели САУ, АСУ, РСУ и расположить их в порядке возрастания сложности.

**КВ №344.** Дать лекционное определение понятия “цель” и довести воспроизведение определения до автоматизма, т.е. быстро и правильно по памяти. Из лекции привести цели ГАС “Контур” и сформулировать интегральную цель функционирования ГАС “Контур”.