

ФУНКЦИОНАЛЬНО- СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ

Общие сведения

Функционально-стоимостный анализ – это метод технико-экономического инженерного анализа, направленный на **повышение (сохранение) функциональной полезности объекта** при **минимизации затрат** на его создание и эксплуатацию.

Предметом ФСА является **функция** изучаемого объекта.

ФСА представляет собой универсальный высокоэффективный **метод оптимизации параметров** и других конструктивных, технологических, организационных, эстетических, экономических **характеристик изделия** по принятому критерию (критериям). В качестве **основного критерия** выступает определяемое специальным образом **соотношение потребительских свойств** на **единицу затрат**.

Принципы ФСА

- 1) **функциональный подход**, предполагающий рассмотрение каждого объекта и его составляющих как вариант реализации (или намечаемого к реализации) комплекса функций, необходимых потребителю, и нахождение на этой основе наиболее эффективных путей осуществления этих функций;
- 2) **комплексный подход**, означающий рассмотрение объекта с точки зрения проектирования, производства, транспортировки, эксплуатации, утилизации (жизненного цикла);
- 3) **системный подход**, означающий рассмотрение объекта как системы, расчленяемой на подсистемы, а функций – как общесистемных и внутрисистемных, внутренних связей объекта, как прямых, так и обратных;
- 4) **принцип иерархичности**, предполагающий постепенную детализацию анализируемых функций и затрат по отдельным составляющим объекта 1-го, 2-го, n-го порядка;

Принципы ФСА

- 5) **принцип коллективного научно–технического творчества**, предполагающий широкое использование при ФСА методов коллективного творчества, специальных методик, активизации творческого мышления;
- 6) **принцип согласования**, означающий соответствие поэтапных целей и задач ФСА основным этапам НИР, подготовки производства, управления качеством;
- 7) **принцип строго регламентированной последовательности проведения отдельных этапов и подэтапов ФСА**, создающий условия для их формализации и частичной автоматизации;
- 8) **принцип непрерывной экономической оценки** всех технических и организационных, управленческих предложений;

Принципы ФСА

- 9) **принцип специального информационного и организационного обеспечения**, предполагающий создание специальных служб ФСА, дополнительного информационного обеспечения;
- 10) **принцип многообразия методов**, используемых при проведении ФСА (метод FAST, мозговая атака, морфологический анализ, тренд, метод расстановки приоритетов, метод баллов, метод экспертных оценок, метод “черного ящика”, метод взаимосвязи функций – граф Кёнига и др.).

Методы ФСА

- *Метод FAST* – метод систематизированного анализа функций; способствует упорядочению функций и построению диаграммы функций (типа сетевого графика), позволяет проверить правильность формулировки и классификации функций с помощью системы логических тестов.
- *Мозговая атака* – метод активизации творческого мышления, используется для получения большого количества оригинальных идей за короткий промежуток времени. Процедура мозговой атаки проводится по специальным правилам, продолжительность одного сеанса - 40-60 мин. Используется для решения проблем разного уровня структуризации.

Методы ФСА

- **ТРИЗ** – теория решения изобретательских задач. Используется при поиске оригинальных технических решений, ориентируя разработчиков на максимальное приближение к идеальному конечному результату.

Предусматривает эвристическую алгоритмизацию поиска решений, различных характеристик изделия. Затраты на изготовление нового изделия определяются подстановкой значений параметров проектируемого изделия в формулу математической модели.

Функциональный анализ

Функциональный анализ является основой методологии ФСА .

Он представляет собой **инструмент для выявления** необходимых **потребительских свойств** объекта и **возможностей** его улучшения.

Стоимость продукции – это, в конечном итоге, **стоимость функций**. Если какие-то функции не используются, то затраты на них становятся бесполезными.

Принцип функционального подхода, являющийся основой ФСА – это полное понимание, точное определение и анализ функций.

Функциональный анализ

Функциональный анализ **включает:**

- выявление и формулирование функций по определенным правилам,
- их классификацию,
- построение функциональных моделей,
- определение затрат,
- установление ценности функции с учетом мнения потребителя,
- выбор функций для исследований.

Функциональный анализ

Несмотря на огромное разнообразие видов продукции, число выполняемых ими функций во много раз меньше. Например, в зерноуборочном комбайне около 30 тыс. деталей, а число выполняемых ими функций на два порядка меньше.

Оценка функций сводится к двум показателям — **полезности** и **эстетичности**. Функциональный анализ исходит из того, что **полезным** функциям в анализируемом объекте всегда сопутствуют **нейтральные (вспомогательные)** и **вредные (бесполезные)** функции.

Принципы и правила формулирования функций

Наиболее важное правило – **формулировка функции** должна быть достаточно **общей**, не замыкающейся на конкретном предмете.

Например, у стула, табуретки, кресла, скамейки одна общая полезная функция – «удерживать вес».

Функции формулируются с учетом **назначения объекта**.

Так, например, электрическая лампа накаливания в настольном светильнике кроме полезной функции «излучать свет», выполняет также вредную функцию «излучать тепло». При использовании этой же лампы в инкубаторе функция «излучать тепло» будет полезной, а «излучать свет» - нейтральной.

Принципы и правила формулирования функций

Для формулировании функции нужно выбирать **глагол, описывающий действие.**

В формулировку функции **не должны входить характеристики объекта.**

Например, функция рамы велосипеда – «удерживать детали», а не «обеспечить жесткость конструкции», т.к. жесткость – это уже характеристика. Лучше формулировку функции давать в двух словах – глагол в неопределенной форме и существительное в винительном падеже.

Функция электрического провода – «проводить ток», автомобиля – «перемещать груз». Не следует употреблять частицу «не».

Классификация функций и их ранжирование

В теории ФСА принято подразделять все функции на две основные категории:

- функции, удовлетворяющие материальным потребностям – **полезные**. **Полезные** функции обеспечивают работоспособность объекта.
- функции, удовлетворяющие духовные потребности – **эстетические**. **Эстетические** функции делают объект желаемым для потребителя, они добавляют ценность объекта, способствуют его сбыту.
- Полезные и эстетические функции одинаково важны, их сочетание определяет потребительскую стоимость объекта.

По области проявления различают

- **общеобъектные** функции (отражающие сущность всего объекта)
- **внутриобъектные** (отражающие связи между элементами).

По роли в удовлетворении потребностей, в обеспечении работоспособности

- среди **общеобъектных** функций выделяют
 - **главную**
 - **дополнительные** (второстепенные),
- среди **внутриобъектных**
 - **основные**
 - **вспомогательные**.

Классификация функций и их ранжирование

Главная функция – **полезная** функция, отражающая назначение объекта (цель его создания). Например, стул должен «поддерживать вес», отвертка – «передавать крутящий момент». Другие функции этих объектов могут быть классифицированы как второстепенные.

Пример. Главная функция очков – «фокусировать свет». Дополнительная функция – «защищать глаз» от попадания частиц. Эта функция не влияет на основную, но создает дополнительные потребительские свойства.

Классификация функций и их ранжирование

Основная функция обеспечивает выполнение главной. Может быть несколько основных функций. Основные функции обеспечивают работоспособность.

Различают **основные** функции:

- приема;
- ввода (вещества, энергии, информации);
- передачи;
- преобразования;
- хранения;
- выдачи.

Классификация функций и их ранжирование

Вспомогательные функции – это функции, которые поддерживают основную. Если главная функция может быть реализована без какой-либо функции из первоначального перечня основных, то эта функция не основная, а вспомогательная.

Различают следующие **вспомогательные** функции:

- соединительную;
- изолирующую;
- фиксирующую;
- направляющую;
- гарантирующую.

Классификация функций и их ранжирование

По степени полезности различают **полезные**, **нейтральные** (бесполезные) и **вредные** функции. Нейтральная функция не влияет на изменение потребительских свойств.

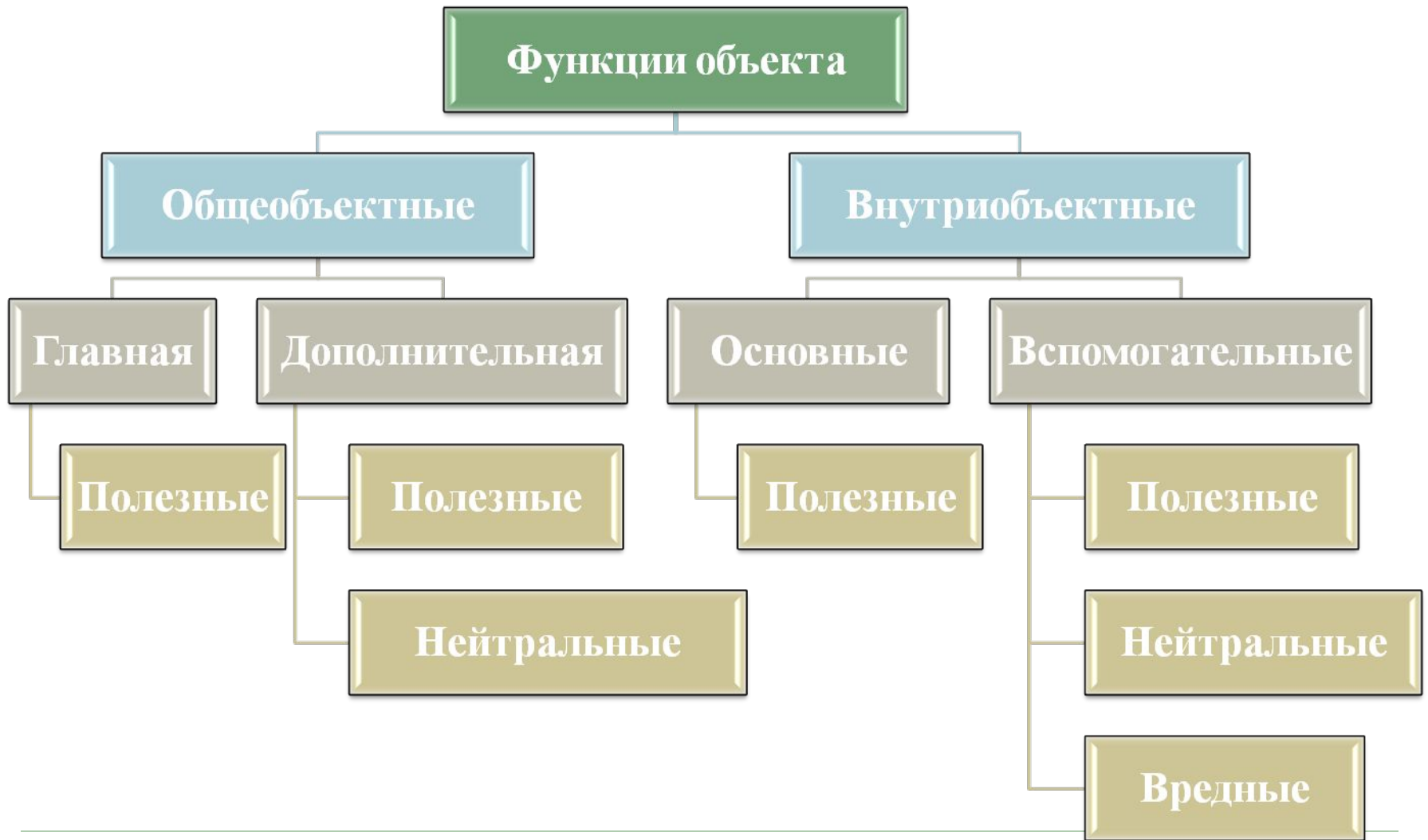
Виды функций

- **главная функция** - отражает действие, направленное на осуществление цели объекта (системы), для непосредственного удовлетворения конкретных конечных потребностей;

- **основная функция** - действие, без которого объект не может обеспечить требуемые потребительские свойства, существование главной функции;

- **вспомогательная функция** - действие, обусловленное характером, особенностями конструкторского исполнения объекта, вызванное конкретным воплощением основных функций. Она способствует выполнению основных функций или дополняет их.

Классификация функций



Этапы ФСА

Предварительный этап

- Определить проблему и наметить цели. Выбрать объект

Информационный этап

- Собрать и изучить информацию по объекту. Определить функциональные зоны

Аналитический этап

- Выдвинуть максимальное число идей для выполнения каждой полезной функции. Оценить и отобрать лучшие варианты

Исследовательский этап

- Выбрать наиболее эффективные варианты для дальнейшей доработки

Рекомендательный этап

- Анализ рекомендаций ФСА и принятие решения по их внедрению

Этап внедрения

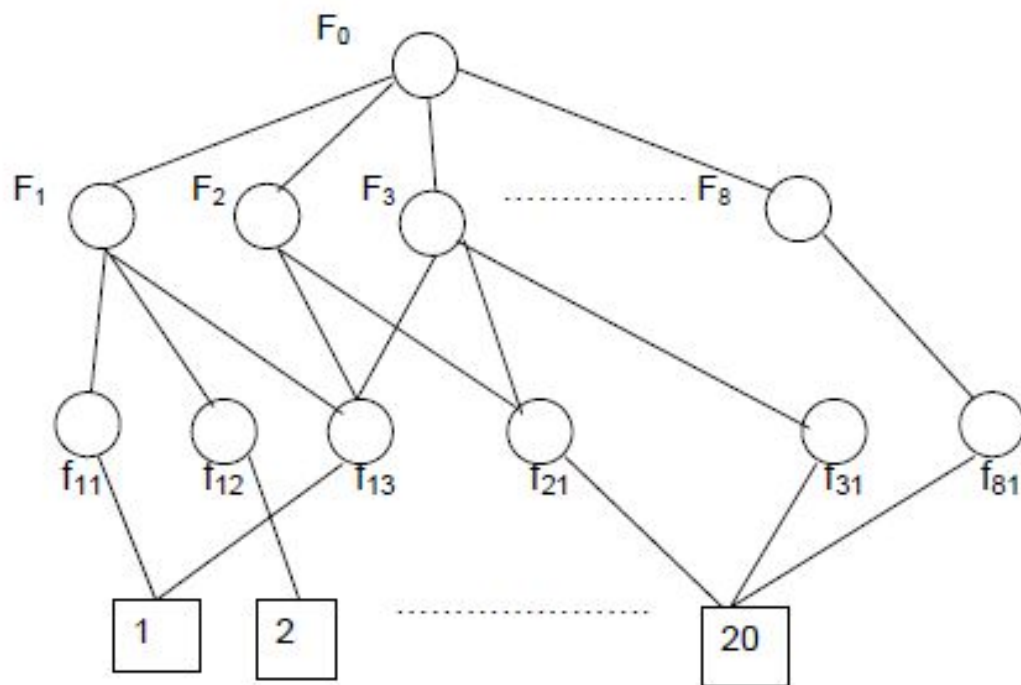
- Обеспечить внедрения принятых рекомендаций

Этапы ФСА

- **Предварительный этап.** На предварительном этапе создается группа ФСА, выбирается объект для анализа, формулируется проблема.
- **Информационный этап.** В общем случае – это формирование информационного банка о деталях, подобных конструкциях, о материалах и их стоимости, патентные изыскания, анализ современных технологий.
- **Аналитический этап.** На этом этапе проводится выявление функций и их классификация, составление матриц взаимосвязи, выявление функциональной значимости, выбор элементов для усовершенствования.

Этапы ФСА

Помимо матриц взаимосвязи можно использовать модель функций в виде графа



F_0 – главная функция; $F_1 - F_8$ – основные функции; $f_{11} - f_{81}$ – вспомогательные функции; номера в квадратах означают функциональные блоки (элементы конструкции).

Рядом с функциями можно проставлять значимости в % и другую информацию.

Этапы ФСА

- **Творческий этап.** На этом этапе разрабатываются варианты конструктивного решения, производится выбор лучшего по ряду критериев. Аналогично рассматриваются технологии. При выборе вариантов производятся экономические расчеты.

Значимость каждой основной функции рассчитывают по формуле, в которой учитывается отношение числа связей S_i основной функции (через вспомогательные) с функциональными блоками, по отношению к сумме ΣS_i всех связей. Например, на рис. у основной функции F1 через вспомогательные функции имеется три связи, а у функции F2 - только одна.

$$P_i = \frac{S_i}{\Sigma S_i}$$

Этапы ФСА

Относительные затраты C_i на функциональные блоки (элементы) можно определить приближенно из предположения, что они пропорциональны суммам значимостей основных функций, которые выполняют эти блоки.

$$C_i = \frac{\sum_1^m P_i}{\sum_1^k P_i}$$

где $\sum_1^m P_i$ - суммарная значимость функций, для реализации которых предназначен конкретный элемент (функциональный блок);
 m - количество функций, реализуемых блоком;
 $\sum_1^k P_i$ - суммарная значимость основных функций объекта;
 k - число основных функций, выполняемых объектом.

По полученным относительным затратам на элементы объекта можно построить диаграмму Парето и определить те элементы, относительные затраты по которым в сумме дадут примерно 80%. Работа над усовершенствованием этих элементов должна быть приоритетной.

Этапы ФСА

- **Рекомендательный этап.** На этом этапе окончательно обосновывается выбор того варианта, который будет выбран для дальнейшей доработки. Разрабатывается план реализации проекта.
- **Этап внедрения.** На этапе внедрения формируется группа внедрения. Составляется план-график внедрения. Составляются заявки на ресурсы. Разрабатывается рабочая документация. Разрабатываются меры стимулирования. После завершения внедрения проводят аудит, определяют эффективность проекта.

Пример ФСА

Рассмотрим примеры функционального анализа на примере ручной мясорубки. Вначале целесообразно построить компонентную модель объекта. Для мясорубки она приведена на рис.



На модели обозначены уровни: А – объект анализа и внешние, с ним связанные элементы; Б – элементы верхнего иерархического уровня объекта.

Пример ФСА

На основании модели строится матрица взаимосвязи функций и элементов (табл. 9.1).

Таблица 9.1

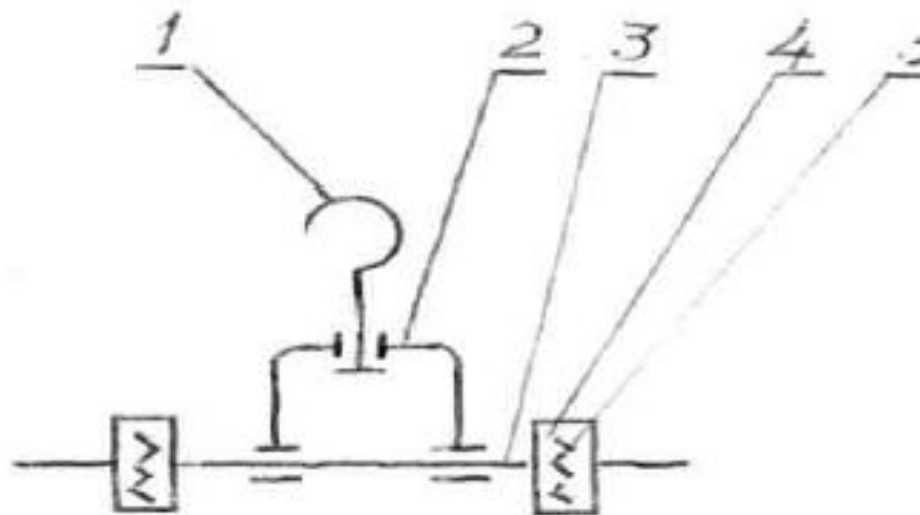
Функции	Элементы						
	Гайка	Решетка	Нож	Шнек	Корпус	Ручка	Винт
	Главная функция – перерабатывать продукт						
F ₁ – прижимать нож (к решетке)	В/И	–	–	В/И	В/И	–	–
F ₂ – измельчать Продукт	–	О/Н	О/Н	О/Н	О/Н	–	–
F ₃ – калибровать Продукт	–	О/А	О/Н	О/Н	О/Н	–	–
F ₄ – вводить продукт (в решетку)	–	–	Вр	О/Н	О/Н	–	–
F ₅ – вращать шнек	–	–	–	–	–	В/И	–
F ₆ – крепить ручку (к шнеку)	–	–	–	В/Н	–	–	В/Н
Функциональная значимость, %	5	15	15	30	30	5	0

Пример ФСА конструкции

Для примера рассмотрим вариант проведения ФСА для простой конструкции.

1. Подготовительный этап. Создали группу по ФСА. Выбрали изделие, выпускаемое предприятием как товар народного потребления - «Вешалка для брюк». Конструкция схематично показана на рис.

Объект состоит из следующих деталей: 1 – крючок; 2 – корпус; 3 – направляющая; 4 – прищепка; 5 – пружина (внутри прищепки).



Пример ФСА конструкции

2. Информационный этап. Группа рассмотрела имеющиеся конструкции, технологии их изготовления. Сравнение показало, что аналогичные изделия или по себестоимости превышают выпускаемое изделие, или не обеспечивают достаточной надежности закрепления.

Было принято решение провести функциональный анализ и построить матрицы взаимосвязи функций и элементов.

Главная функция – повесить брюки (аккуратно сложенными).

Для выполнения главной функции необходимо выполнение следующих функций:

- охватить брюки;
- создать усилие;

-
- ▶ 29 - подвесить брюки.

Пример ФСА конструкции

3. Аналитический этап. Матрица взаимосвязи основных функций и элементов вешалки, с учетом себестоимости изготовления деталей, анализа значимости и важности функций, приведена в табл.

Таблица 9.2

Элементы	Функции	Значимость функции	Относительная важность, %	Стоимость, р	Кэффициент Р
1	2	3	4	5	6
1. Крючок	F ₁ – подвесить брюки	О	20	10	0,5
2. Корпус	F ₂ – соединить детали	В	10	10	1,0
3. Направляющая	F ₃ – регулировать прищепки	В	10	30	3,0
4. Прищепки	F ₄ – охватить брюки	О	30	40	1,33
5. Пружины	F ₅ – создать усилие	О	30	30	1,0
Всего			100	120	ΣР=6,83

На одну деталь Р₁ = 1,37.

Пример ФСА конструкции

4. Творческий этап. Из табл. 9.5 следуют выводы.


1. Получился очень большой коэффициент ΣP для простого изделия.

2. Основной вклад вносят: деталь № 3 ($P = 3,0$) и деталь № 2 ($P=1,0$), которые выполняют вспомогательные функции.

3. Надо попытаться изменить конструкцию, чтобы уменьшить количество деталей, выполняющих вспомогательные функции.

Пример ФСА конструкции

На данном этапе применяли методики ТРИЗ и мозгового штурма.

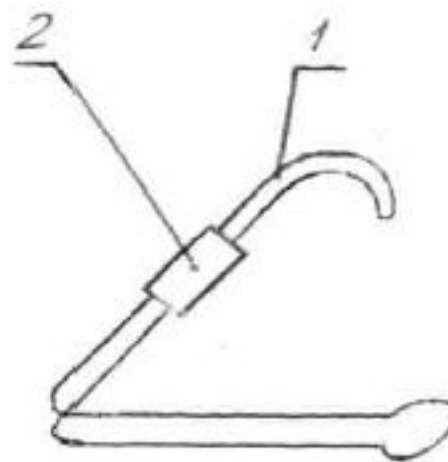
- В конструкции две прищепки, расстояние между которыми регулируется. – Может быть, сделать одну большую прищепку, тогда и направляющей не нужно будет?
- Прищепка состоит из двух штампованных половинок с ребрами жесткости, имеющих общую ось и пружину между ними. – Может быть сделать одну большую прищепку, выполненную из согнутого упругого материала, тогда и оси не надо, и избавимся в сумме от шести деталей?
- Контакт прищепки с брюками происходит по линии. – Может быть одну длинную прищепку сделать из двух упругих проволок, тогда контакт с брюками будет по узкой линии,  удельное давление будет больше и крепление надежнее?

Пример ФСА конструкции

- Если прищепка будет из двух проволок, то конец проволок можно скрепить и загнуть – получится крючок.
- Нельзя рассчитывать только на упругость проволок – не хватит силы зажима. Надо придумать простое устройство, которое сжимало бы проволоки и разжимало.

В результате дальнейших рассуждений был предложен вариант конструкции, изображенный на рис.

Новый вариант вешалки для брюк состоит из двух деталей:
1 – каркас; 2 – ползун.



Пример ФСА конструкции

5. Исследовательский этап. Для новой конструкции необходимо также составить матрицу соответствия функций и элементов (табл. 9) и проанализировать результаты.

Элементы	Функции	Значимость функции	Относительная важность, %	Стоимость, р	Коэффициент Р
1	2	3	4	5	6
1. Каркас	F ₁ – подвесить брюки	О	70	70	1,0
	F ₄ – охватить брюки	О			
2. Ползун	F ₅ - создать усилие	О	30	10	0,33
Всего			100	80	ΣР=1,33

На одну деталь $P_1 = 0,67$

Пример ФСА конструкции

6. Рекомендательный этап. После принципиального выбора варианта необходимо разработать его параметры для изготовления: выбрать диаметр проволоки, основные размеры конструкции, выбрать вид покрытия, рассмотреть варианты дизайна и др. Необходимо подготовить для внедрения проекта конструкторскую и технологическую документации.

Конструкторский и технологический отделы дают заявки на закупку материалов. Конструкторы технологического отдела разрабатывают оснастку для гибки каркаса, штамповки ползуна.

Разрабатывается план-график внедрения проекта и сроки изготовления опытной партии.

Пример ФСА конструкции

7. Этап внедрения. После изготовления опытной партии изделий вносят поправки в конструкции приспособлений, в технологические режимы, экономисты подсчитывают фактическую себестоимость изделия и ожидаемый экономический эффект при выпуске определенной партии.

После экономических расчетов принимается решение о производстве новой продукции.

Пример ФСА бизнес-процессов

Пример 1. Компания занимается реализацией на внутреннем рынке косметики, парфюмерии и хозяйственной химии

1. Выделили основные бизнес-процессы:

- планирование деятельности;
- снабжение компании товаром;
- реализация товаров через торговые подразделения компании;
- выполнение финансовых операций;
- проведение анализа деятельности компании.

Пример ФСА бизнес-процессов

В результате функционально-стоимостного моделирования была построена диаграмма месячных трудозатрат по функциям (рис.).



Пример ФСА бизнес-процессов

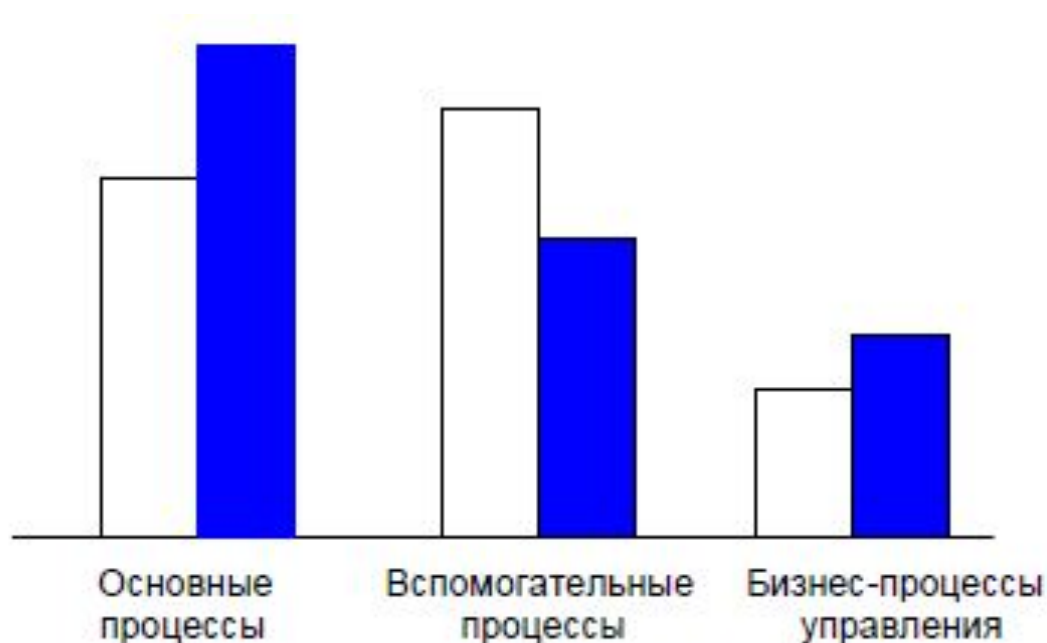
Для полноты анализа в организации еще оценили трудозатраты по подразделениям



Из рис. 9.7 следует, что необходимо распределить функции для более равномерной загрузки отделов. Для полноты картины руководителям необходимо было бы указать долю загрузки основными функциями.

Пример ФСА бизнес-процессов

В компании также оценили затраты средств на выполнение основных функций, вспомогательных и бизнес-процессов и провели процессы перераспределения



Видно, что после анализа и преобразований увеличились затраты на основные и бизнес-процессы, и сократились затраты на вспомогательные процессы, что повысило эффективность деятельности.

□ - до преобразований; ■ - после преобразований.

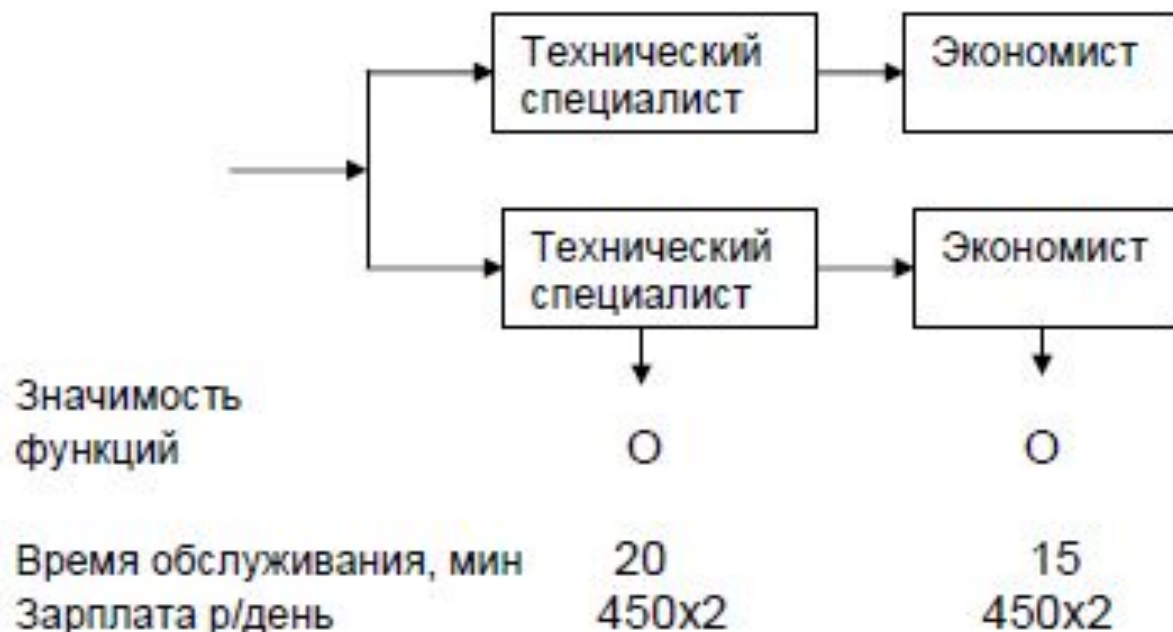
Применение ФСА в организации

Для оформления документов посетитель должен был пройти четыре кабинета: № 1 – прием у технического специалиста, занимающий 15 мин; № 2 – служащий делал записи в журнале в течение 10 мин; № 3 – экономист выполнял расчеты в течение 10 мин; № 4 – служащий принимал плату за операции в размере 100 р., делал записи и выдавал квитанцию, все это в течение 5 мин.

Схема процесса приведена на рис.



Применение ФСА в организации



Итого: каждый поток обслуживает в день по 15 человек, всего 30 чел.

Сумма дневной оплаты всех посетителей $30 \times 100 = 3000$ р.

Дневная зарплата всех специалистов составила $450 \times 4 = 1800$ р.

Дневная прибыль от ФСА составила 1200 р.