

Функционально-Стоимостный Анализ (ФСА)

Основы, методы и практическое применение

Курс «Основы инженерного творчества»

Прикладная математика и информатика

Что такое ФСА?

Определение и сущность

ФСА — Функционально-Стоимостный Анализ

- **Метод технико-экономического исследования систем**
- Направлен на **оптимизацию соотношения** между потребительскими свойствами и затратами
- **Системное сочетание** правил, приемов и процедур
- Ориентирован на достижение **оптимального соотношения** полезности и затрат

Ключевая идея

Потребителя интересует не продукция как таковая, а **польза**, которую он получит от ее использования

История развития ФСА

Лоуренс Д. Майлс (США)

- 1946 г. — начало исследований
- 1949 г. — первая публикация
- 1952 г. — разработка методики
- Экономия: 200 млн. \$ за 17 лет

Ю.М. Соболев (Россия)

- 1948 г. — первый успех применения
- 1949 г. — первая заявка на изобретение
- Разработка поэлементного анализа
- Влияние на методы в ГДР

Современное развитие

- 1976-1977 гг. — расширение на жизненный цикл
- Design to Life Cycle Cost
- Интеграция с менеджментом качества

Цели и задачи ФСА

Основные цели

- Оптимизация соотношения **качество/стоимость**
- Повышение **конкурентоспособности** продукции
- Снижение **совокупных затрат** на жизненный цикл
- Улучшение **потребительских свойств**

Задачи ФСА

- Выявление и анализ **функций** объекта
- Оценка **затрат** на реализацию функций
- Поиск **альтернативных решений**
- Оптимизация **функциональной структуры**

Ключевые заинтересованные лица

- **Потребители** — интересуются полезностью и стоимостью
- **Производители** — оптимизация производства и затрат
- **Разработчики** — создание конкурентоспособных решений
- **Инвесторы** — возврат на вложенные средства

Принцип соответствия

ФСА полностью соответствует принципам менеджмента качества ISO 9000:

- Ориентация на потребителя
- Лидерство руководства
- Вовлечение работников

Интересы стейкхолдеров в ФСА

Стейкхолдер	Интересы и требования
Потребитель	Максимальная полезность при минимальной цене
Производитель	Снижение затрат при сохранении качества
Разработчик	Техническая реализуемость и инновационность
Инвестор	Рентабельность и срок окупаемости
Общество	Экологичность и социальная ответственность

Баланс интересов

ФСА помогает найти **оптимальный компромисс** между противоречивыми интересами различных стейкхолдеров

Классическая схема проведения ФСА

- ❶ **Подготовительный этап** — определение целей и задач
- ❷ **Информационный этап** — сбор и анализ данных
- ❸ **Аналитический этап** — исследование функций и затрат
- ❹ **Творческий этап** — поиск альтернативных решений
- ❺ **Исследовательский этап** — изучение возможностей
- ❻ **Рекомендательный этап** — разработка предложений
- ❼ **Внедрение** — реализация оптимального решения

Методы декомпозиции и анализа

Формальные методы

- **Функциональное моделирование** — построение функциональных схем
- **Стоимостной анализ** — расчет затрат на функции
- **Морфологический анализ** — систематический перебор вариантов
- **Статистические методы** — анализ больших данных

Неформальные методы

- **Мозговой штурм** — генерация идей в группе
- **Экспертные оценки** — привлечение специалистов
- **Метод Дельфи** — анонимные экспертные оценки
- **ТРИЗ** — теория решения изобретательских задач

С использованием LLM

- **Разбор функций** — черновая карта «зачем» и полезности
- **Генерация вариантов** — идеи решений и аналоги из других областей
- **Декомпозиция** — функциональная модель, FAST-диаграмма
- **Прикидка затрат** — оценка стоимости и приоритезация функций

LLM ускоряет черновую работу (гипотезы, варианты, черновики моделей); решения проверяет и защищает человек.

Базовые понятия

- **Главная функция** — основное назначение объекта
- **Основные функции** — обеспечивают выполнение главной
- **Вспомогательные функции** — поддерживают основные
- **Вредные функции** — негативно влияют на систему

Функционально-идеальная модель

Модель, отражающая комплекс функций объекта, реализуемых **минимальным числом** материальных элементов

Качественные оценки

- Экспертные оценки
- Ранжирование функций
- Парные сравнения
- Балльные оценки

Количественные оценки

- Стоимостной анализ
- Статистические расчеты
- Экономические показатели
- ROI и срок окупаемости

Матрица значимости функций

Соотношение важности функций и затрат на их реализацию позволяет выявить «**узкие места**» системы

Кейс: ФСА в производстве короткометражного фильма

Постановка задачи

- **Объект анализа:** функция «создать убедительные визуальные эффекты» для 5-минутного фантастического фильма
- **Противоречие:** качество эффектов должно быть высоким, а бюджет — ограниченным
- **Задача ФСА:** найти оптимальное соотношение **потребительских свойств и затрат**, а не просто «самый дешёвый вариант»

Ключевой вопрос

Какие функции зритель **реально** заметит, а на каких можно сэкономить без потери восприятия?

Варианты реализации функции

Вариант 1: Традиционные съёмки

- Зрелая технология, высокая управляемость
- Высокая стоимость, длинные сроки

Вариант 2: Виртуальный продакшн

- LED-стены, real-time рендеринг
- Гибкость и мгновенный предпросмотр
- Дорогое оборудование и квалификация

Вариант 3: Гибридный подход

- Эффекты **точечно** — на ключевых сценах
- На остальных — креативные дешёвые приёмы (звук, монтаж, ракурсы)
- Баланс качества и затрат
- Сложнее координация

Матрица значимости функций

Критерий	Традиционно	Виртуальный	Гибрид
Стоимость	высокая	средняя	средняя
Качество	высокое	высокое	высокое
Гибкость	низкая	высокая	средняя
Сроки	длинные	короткие	средние
Инновационность	низкая	высокая	высокая
Риски	низкие	высокие	средние

Вывод ФСА

Для студенческого проекта наилучшее соотношение **функция/затраты** даёт гибрид: дорогие эффекты локализуются на нескольких ключевых сценах, остальное пространство фильма «добирает» качество дёшево — звуком, монтажом и игрой актёров.

Кейс: ФСА при съёмке сюжетов фильма

Постановка задачи

- **Объект анализа:** функция «снять сюжет так, чтобы зритель поверил и досмотрел»
- **Ограничение:** бюджет и съёмочные дни фиксированы, а сцен и сюжетных линий больше, чем ресурса
- **Противоречие:** каждую сцену хочется снять «на максимум», но денег на все не хватит

Ключевой вопрос

Какие сцены зритель **запомнит**, а на каких можно сэкономить без потери истории?

Функции съёмочного процесса

Функциональная модель съёмки сюжета

- **Главная функция:** донести историю до зрителя
- **Основные:** удержать внимание, обеспечить правдоподобие, передать эмоцию и смысл
- **Вспомогательные:** свет, звук, реквизит, локации, монтаж
- **Вредные:** лишние дубли, простой группы, перерасход смены

Что усиливаем

Ресурс вкладываем в **функции**, которые зритель замечает (эмоция сцены), а не в **элементы**, которых он не видит (дорогая декорация в кадре на две секунды).

Варианты съёмки сцен и матрица значимости

Варианты

- **Всё «на максимум»** — каждую сцену постановочно
- **Всё одинаково скромно** — ровный минимализм
- **Дифференцированно** — ключевые сцены постановочно, остальные приёмами (крупный план, звук, монтаж)

Матрица значимости сцен

Сцена	Вклад	Затраты
Кульминация	высокий	постановочно
Диалог-поворот	высокий	средние
Массовка	средний	дёшево
Проходная связка	низкий	дёшево

Вывод ФСА

Бюджет концентрируется на **сценах-«крючках»** с высоким вкладом; связки и фон снимаются дешёвыми приёмами. Ресурс идёт в функцию, а не в «элементы ради элементов».

Кейс: автоматизация проверки лабораторных работ

Постановка задачи и объект анализа

Объект и проблема

- Объект: система проверки лабораторных работ по проектированию БД
- Ручная проверка одной работы — 30–60 минут; обратная связь с задержкой 1–3 дня
- Оценки субъективны, ресурс преподавателя ограничен

Пример ЛР: БД «Личная CRM»

Спроектировать ER-модель учёта контактов и встреч; проверить 1–3 нормальные формы; обосновать выбор ключей и связей.

Цель ФСА

Оптимизировать процесс проверки через автоматизацию формальных критериев с помощью ИИ.

Кейс: ФСА-решение и результат

Функции, варианты решения и эффект

Функциональный анализ

- **Главная функция:** обеспечить качественную проверку ЛР
- **Основные:** анализ ER-модели, проверка ключей и связей, верификация нормальных форм, генерация замечаний
- **Вспомогательные:** хранение истории, отчёты, интерфейс

Что автоматизировать (критерий ФСА)

Типовая повторяемая рутина с проверяемыми правилами — ИИ; концептуальные и творческие решения — за преподавателем (гибридная модель).

Эффект

Показатель	До	После
Время проверки одной работы	45 мин	10 мин
Итераций улучшения	1–2	3–5
Освобождение времени преподавателя	0%	60%

От функций к метрикам и приоритетам

Лестница уровней на основе ФСА: Junior → Middle → Senior

Три ступени

- ❶ **Базовый (Junior):** функция, полезность, стоимость (ядро ФСА)
- ❷ **Средний (Middle):** связь свойств продукта с бизнес-метриками; приоритизация по ценности
- ❸ **Продвинутый (Senior):** функциональная декомпозиция проблемы, оценка результата после внедрения

Свойства продукта и бизнес-метрики

Средний уровень (Middle): технические характеристики влияют на показатели бизнеса

Цепочка ФСА-мышления

- Потребителю важен не продукт сам по себе, а **полезный эффект** (функция)
- Технические характеристики (производительность, надёжность, безопасность, UX) управляют **бизнес-метриками**
- Бизнес-метрики: выручка, конверсия, удержание, стоимость привлечения, операционные затраты

Пример

Скорость загрузки страницы (тех. характеристика) → конверсия в покупку (бизнес-метрика) → выручка. Ускорение интерфейса — это не «красота кода», а деньги.

Вывод

Анализ «функция ↔ ценность ↔ затраты» из ФСА переносится на связь «технология ↔ бизнес-показатель» — так оценивают влияние технических решений на цели компании.

Приоритизация: функции, которые дают результат

Средний уровень (Middle): методы приоритизации задач

ФСА даёт правило

Чем важнее функция для потребителя и чем дешевле её обеспечить — тем выше приоритет. Лишние функции без ценности — кандидаты на удаление («свёртывание»).

Простые методы приоритизации

- **Москоу (MoSCoW):** Must / Should / Could / Won't — по вкладу в цель
- **Impact–Effort:** эффект против трудозатрат
- **Вес × важность:** числовая оценка, если есть данные

На чём применяем

Разработка функций, исправление ошибок, рефакторинг, технический долг — всё ранжируется по ожидаемому вкладу в стратегические цели, а не «кто громче просит».

Функциональная декомпозиция и анализ проблемы

Продвинутый уровень (Senior): находим и формулируем задачу через функции

Приём

- Разложить деятельность/продукт на **функции** и их стоимость (карта функций, FAST-диаграмма)
- Выявить **дисбалансы**: дорогие функции без ценности, ценные функции без ресурсов
- Сформулировать проблему или возможность как «недостаток/избыток функции при данных затратах»

Форматы представления

Функциональная модель, таблица «функция–ценность–затраты», схемы «до/после» — результаты подаются разным заинтересованным сторонам на их языке (менеджменту — деньги, инженерам — функции).

Кейс автоматизации проверки ЛР

Итеративная декомпозиция проверки (синтаксис → ключи → нормальные формы) — это функциональная декомпозиция работ: каждая функция проверки получила исполнителя (ИИ или преподаватель) по критерию ценности и затрат.

Когда автоматизация (ИИ) оправдана

Базовый уровень (Junior): критерии целесообразности и осуществимости

Критерии выбора задачи для ИИ

- Процесс **типовой и повторяемый**, с понятными правилами
- Есть **данные** для обучения и проверки (объём, качество, разметка)
- Ошибка автоматизации **контролируема** (человек проверяет важное)
- Экономика сходится: выгода от автоматизации больше затрат на неё

Анти-критерий

Разовую задачу, которая больше не повторится, автоматизировать невыгодно — она не окупается. (Кейс курса: ИИ берёт рутину и стандарты, человек — экспертизу и творчество.)

Заключение

Ключевые преимущества ФСА

- **Системный подход** к оптимизации затрат и качества
- **Учет интересов** всех стейкхолдеров
- **Инструменты** для творческого поиска решений
- **Практическая ориентированность** на результат

Траектория роста: от Junior к Senior

- **Junior:** видеть функцию за продуктом и её стоимость
- **Middle:** связывать функции с бизнес-метриками и приоритетами
- **Senior:** декомпозировать проблему через функции и оценивать результат

ФСА в современном образовании

Методология ФСА даёт оптимальное соотношение качества обучения и затрат ресурсов.

Выводы по лекции

- ФСА превращает продукт в **набор функций** и отвечает на вопрос «зачем», а не «как»
- Метод отработал на двух кейсах: **съёмка фильма** (эффекты и сцены) и **автоматизация проверки ЛР**
- Оптимум — не компромисс «поделить недостатки», а **баланс пользы и затрат**
- LLM ускоряет черновую работу, но решение проверяет и защищает человек

Перспективы

- Применить ФСА к собственному проекту на всех этапах курса
- Связать с **законами развития систем** (лекция 4) и **арсеналом ТРИЗ** (лекция 6)
- Автоматизировать сбор данных о функциях и затратах с помощью ИИ
- Оценивать результат после внедрения, а не только до него

Источники ФСА и связь с законами развития систем

Первоисточники

- Лоуренс Д. Майлс (США, 1947) — ценностный анализ (Value Analysis)
- Ю.М. Соболев (СССР, 1948) — поэлементный анализ
- Г.С. Альтшуллер. *Профессия — поиск нового* (1985)

Связь с ЗРТС (лекция 4): закон повышения идеальности

ФСА оптимизирует функции и затраты «здесь и сейчас», а **законы развития технических систем** задают *направление* эволюции во времени. Со временем технические системы **уменьшаются в размерах**, сохраняя (и улучшая) функцию — «функции выполняются, а самой системы нет».

- Компьютер: зал с ЭВМ → настольный → ноутбук → смартфон
- Кино: громоздкие декорации и плёнка → цифра и виртуальный продакшн

Спасибо за внимание!