

МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗОВАННОСТИ ОБРАЗЦОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;
С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

При построении функциональной модели изделия предлагается наряду с использованием процедур Коллера под показателем функциональной организованности понимать комплексную характеристику изделия при решении задачи выбора лучшего образца на конкурсной основе.

Ключевые слова: объект, функции, коэффициент, индекс

При проектировании новых образцов разработчики используют два основных подхода – морфологический и трансформационный [1, 2]. В основе обоих подходов лежит процедура моделирования функциональных свойств будущего изделия и способов их реализации. С трансформационным подходом в наибольшей степени совместим метод функционально-стоимостного анализа (ФСА), находящий в последнее время широкое применение при оценке рациональности конструкторско-технических решений и минимизирующий аппаратную избыточность и затраты на последующее изготовление разработанных образцов [3].

Согласно методологии ФСА все функции в изделии классифицируются на 4 группы:

- группа главных функций изделия $F_{гл} = (F_1, F_2, \dots F_k)$;
- группа второстепенных функций изделия $F_{вт} = (F_1, F_2, \dots F_n)$;
- группа основных функций изделия $F_{осн} = (F_1, F_2, \dots F_l)$;
- группа вспомогательных функций изделия $F_{всп} = (F_1, F_2, \dots F_s)$.

Связь между этими группами функций показана на рис. 1. Очевидно, что при разработке нового изделия, однозначно будет стоять вопрос о формировании новых функций. Этот процесс может быть реализован с использованием процедур Коллера, хорошо известных в области машиностроения.

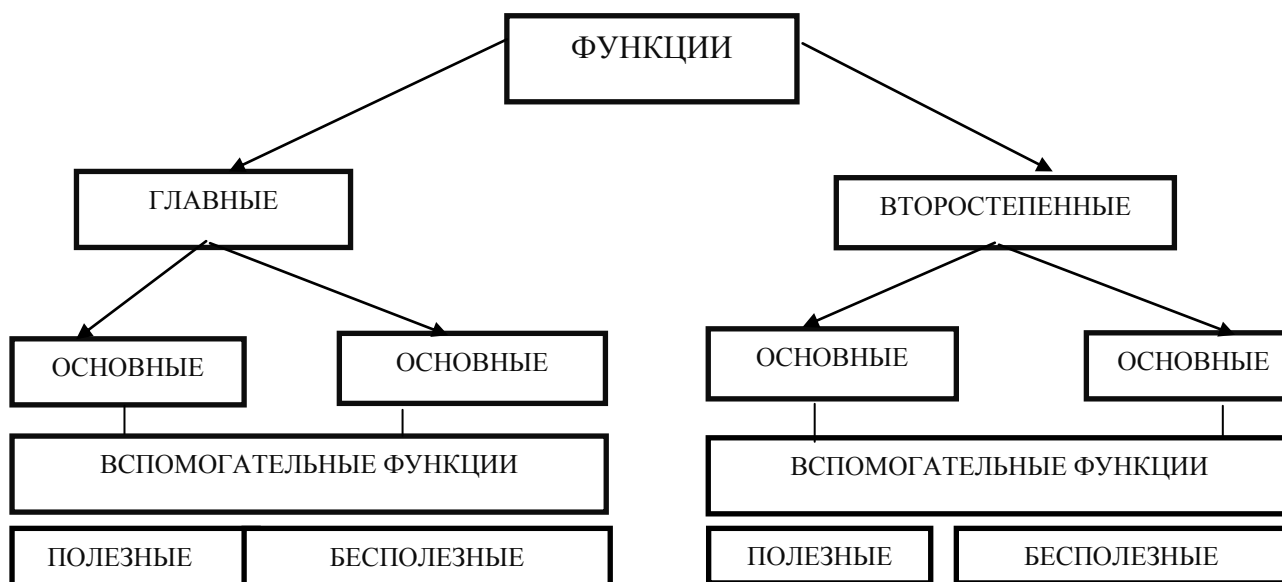


Рис. 1. Классификация функций при проведении ФСА

Изучение этих процедур показывает, что они успешно могут применяться и в других областях. Поэтому предлагается использовать данные процедуры при построении

функциональной модели изделия (рис. 2). Такая модель позволит определить показатель функциональной организованности образца. Следует отметить, что аналитически данный показатель может быть представлен различными способами, которые будут зависеть от этапа жизненного цикла и количества исходных данных [4]. Так, например, на этапе создания образца нового поколения, когда количество исходных данных ограничено, показатель функциональной организованности образца характеризует соотношение функций разрабатываемого и базового изделий и вычисляется по следующей формуле:

$$F = \frac{1 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \gamma_i}{1 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \gamma_{i0}},$$

где α_i – коэффициенты весомости i -ой второстепенной функции ($i=1, n$). Под второстепенной функцией понимается функция, при отсутствии которой изделие может выполнить основную задачу в соответствии со своим предназначением; $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$; γ_i ; γ_{i0} – индексы наличия i -ой второстепенной функции, соответственно, в разрабатываемом изделии и базовом образце. Данный показатель принимает значение равное единице при наличии в изделии i -ой второстепенной функции и – ноль при ее отсутствии.

При этом значение F будет находиться в следующих пределах:

– $F_{\min} = 0,5$ – при условии, что в разрабатываемом изделии нет ни одной второстепенной функции;

– $F_{\text{ср}} = 1$ – при условии, что в разрабатываемом изделии в наличие все второстепенные функции базового изделия;

– $1 < F_{\max} < 2$ – при условии, что в разрабатываемом изделии, кроме наличия функций базового образца, существуют новые второстепенные функции.

Однако при решении задачи выбора лучшего образца на конкурсной основе, требуемый объем исходных данных для оценки показателя функциональной организованности изделия достаточно велик. Это следует из предположения, что любое изделие есть сложная техническая система, описываемая совокупностью структурных, функциональных и принципиальных электрических схем [5, 6]. В этих условиях под показателем функциональной организованности предлагается понимать комплексную характеристику изделия, определяющую степень его соответствия трем основным принципам организации:

– актуализации функций, то есть степени использования всех свойств изделия в соответствии с их функциональным содержанием;

– сосредоточения функций, то есть объединения усилий всех элементов для достижения целей существования изделия;

– расширения функций.

Применительно к решаемой задаче сущность названных принципов может быть сформулирована следующим образом.

Актуализация функций означает целесообразность существования в изделии каждой реализуемой функции, численно определяемой коэффициентом актуализации. Последний характеризует отношение числа полезных функций к общему числу функций, находящихся на одном иерархическом уровне функциональной модели, и численно может быть рассчитан по формуле:

$$K_{\text{акт}} = \frac{N_{\text{пф}}(\text{гл(вт)})}{N_{\text{ф}}(\text{гл(вт)}), \quad (1)$$

где $N_{\text{пф}}(\text{гл(вт)})$ – число полезных функций в группе главных или второстепенных функций;

$N_{\text{ф}}(\text{гл(вт)})$ – общее число функций в группе главных или второстепенных функций.

При этом коэффициент актуализации целесообразно рассчитывать как для группы главных функций ($K_{\text{акт(гл)}}$), так и для группы второстепенных функций ($K_{\text{акт(вт)}}$).

Сосредоточение функций характеризует целенаправленное объединение усилий отдельных функций для определения главных из них и численно может определяться посредством некоторого коэффициента сосредоточения функций, рассчитываемого по формуле:

$$K_{сф} = 1 - \frac{N_{сф}}{N_{ф_{гл}}}, \quad (2)$$

где $N_{сф}$ – количество функций из группы главных функций, при условии, что один материальный носитель выполняет одну функцию на выбранном иерархическом уровне функциональной модели.

Расширение функций характеризует появление в разрабатываемом образце новых дополнительных второстепенных функций, улучшающих сервисные возможности изделия и численно может быть определен посредством введения коэффициента расширения функций:

$$K_{рф} = \frac{N_{всп\ пф\ вт}}{N_{всп\ пф_{гл}}}, \quad (3)$$

где $N_{всп\ вт}$ – количество вспомогательных, полезных функций из группы второстепенных; $N_{всп\ гл}$ – количество вспомогательных полезных функций из группы главных.

Полную оценку показателя функциональной организованности предлагается определять по формуле:

$$K_{фо} = \sqrt{K_{акт\ гл} \cdot K_{акт\ вт} \cdot K_{сф} \cdot K_{рф}}.$$

При подобной формализации численные значения выше представленных коэффициентов и показателя функциональной организованности находятся в интервале между 0 и 1. При $K_{фо} = 1$ считается, что изделие по функциональной структуре соответствует лучшему гипотетическому образцу.

Для проверки работоспособности представленного способа определения показателя функциональной организованности проведен расчет на модели пожарного приемно-контрольного прибора. На основе анализа структурной схемы сформулированы главные и второстепенные функции.

Исходя из определения основных и вспомогательных функций, построена его функциональная модель. На основе структурной и функциональной модели, построена функционально-структурная модель (рис. 2). Коэффициент актуализации функций рассчитан для группы главных и группы второстепенных функций. Исходя из выражения (1) количество полезных функций $N_{пф_{гл}} = 11$, а общее число функций $N_{ф_{гл}} = 15$ для группы главных функций, поэтому $K_{акт\ гл} = \frac{11}{15} = 0,73$. Для группы второстепенных, соответственно $N_{пф_{вт}} = 5$ и $N_{ф_{вт}} = 5$, тогда $K_{акт\ вт} = \frac{5}{5} = 1$.

Коэффициент сосредоточения функций рассчитан по формуле (2). Считая, что общее число функций, выполняемых изделием $N_{ф_{гл}} = 15$, а количество функций при условии, что один функциональный узел выполняет одну функцию на уровне вспомогательных функций $N_{сф} = 12$, $K_{сф} = 1 - \frac{12}{15} = 0,2$

Коэффициент расширения функций определен по формуле (3). Считая что, количество вспомогательных полезных функций из группы второстепенных $N_{всп\ пф\ вт} = 5$, а из группы главных $N_{всп\ пф_{гл}} = 11$, $K_{рф} = \frac{5}{11} = 0,45$.

Окончательно коэффициент функциональной организованности изделия будет равен:
 $K_{фо} = \sqrt{0,73 \cdot 1,0 \cdot 0,2 \cdot 0,45} = 0,066$

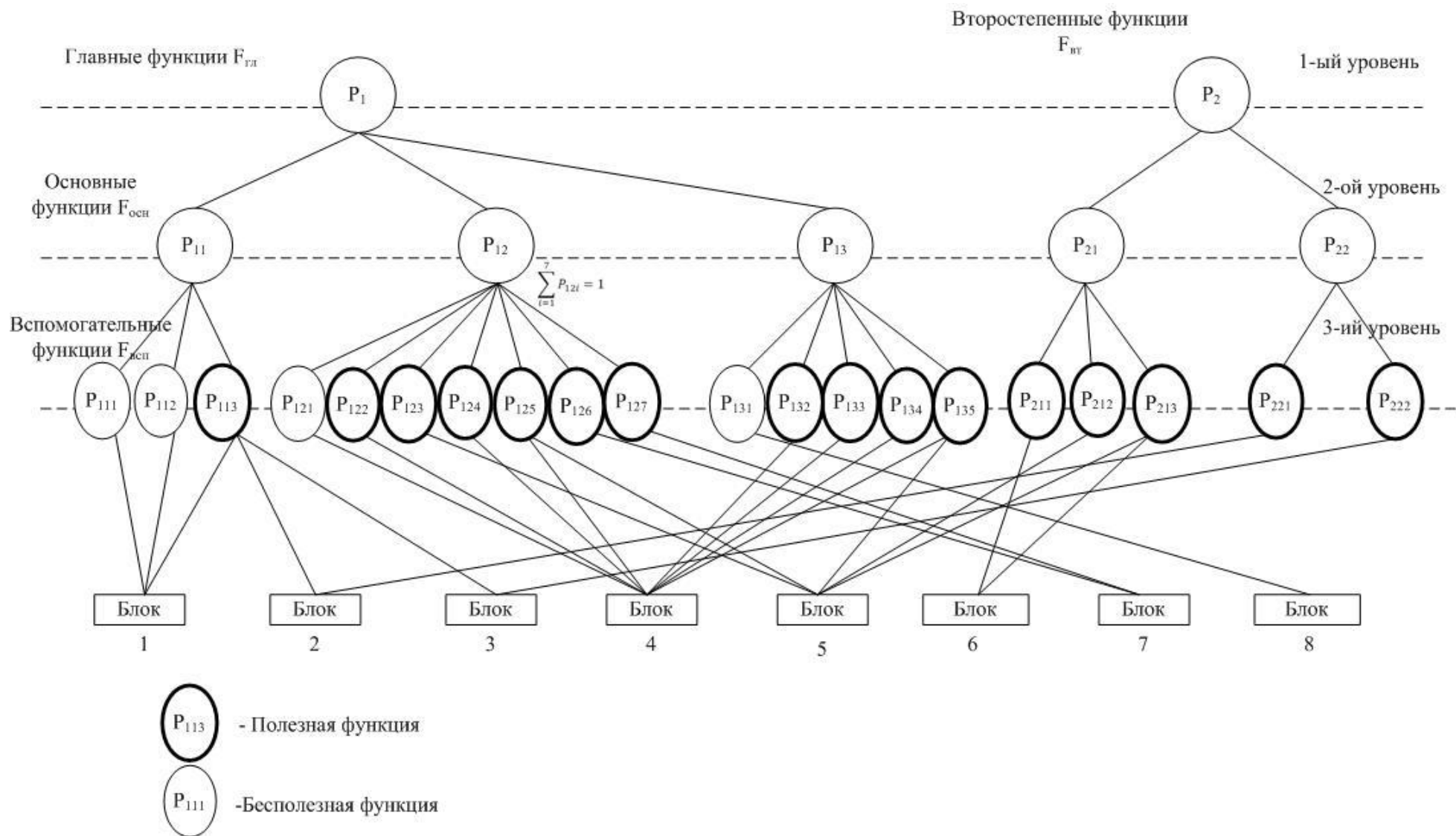


Рис. 2 Функционально-структурная модель

Исходя из вышеизложенного и апробации вычислительных процедур, следует, что данный коэффициент может быть использован в качестве показателя функциональной организованности, так как он удобен в расчетах и соизмерим с масштабом других базовых составляющих технического уровня [7].

Из всех известных в специальной литературе подходов только предлагаемый может претендовать на роль универсального, позволяющего объединять функциональные свойства изделия различного физического наполнения.

Литература

1. Одрин В.М. Метод морфологического анализа технических систем. М.: ВНИИПИ, 1989. 312 с.
2. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подход к выбору инвариантных технических решений в совершенствовании изделий пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. 13 апр. 2017 г. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 220–222.
3. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Современные подходы повышения эффективности разработок образцов пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. 13 апр. 2017 г. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 224–226.
4. Скрипник И.Л., Воронин С.В. К вопросу о современном состоянии теории проектирования новых образцов пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. 13 апр. 2017 г. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 218–220.
5. Анализ рисков поражения людей электрическим током и возникновения пожара в различных схемах электроснабжения здания / И.Л. Скрипник [и др.] // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. 2017. № 4 (166). С. 35–44.
6. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Совершенствование организационного механизма управления разработкой образцов пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. 13 апр. 2017 г. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 222–224.
7. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Проблемы повышения технического уровня образцов пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. 13 апр. 2017 г. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 231–233.