

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И ВЫБОРА ИЗДЕЛИЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;

С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена методика оценки на основе комплексного показателя технического уровня. Приведена алгоритмическая структура оценки и выбора образцов пожарной техники. Данная методика дает заказчику выбор лучшего образца пожарной техники.

Ключевые слова: комплексный показатель, технический уровень, лица принимающие решение, пожарная техника

В настоящее время одним из путей повышения эффективности разработки изделий пожарной техники является размещение заказов на конкурсной основе. Анализ практики оценки новых изделий как по источниками зарубежной литературы, так и отечественной, показывает, что в качестве критерия оценки выступает технический уровень (ТУ) изделия, а в качестве количественной характеристики – комплексный показатель технического уровня (КПТУ). В результате проведенных исследований, анализа отечественной и зарубежной литературы по оценке и определению качества и ТУ изделий пожарной техники были сформированы следующие задачи [1, 2]:

- обосновать состав базовых составляющих КПТУ;
- разработать модели и способы их расчета;
- обосновать расчётную процедуру определения КПТУ по критерию чувствительности к изменению значений его базовых составляющих;
- разработать способ графического представления значений базовых составляющих КПТУ.

Поскольку для лица, принимающего решение (ЛПР), одного численного значения КПТУ и графического предоставления недостаточно, возникает необходимость в разработке:

- модели расчета стоимости на новую разработку с учетом инфляционных процессов;
- модели определения уточненной лимитной стоимости на новую разработку с учетом конкретных значений базовых составляющих изделия.

Проведенный анализ показал, что в качестве базовых составляющих, позволяющих в реальных условиях конкурса оценить ТУ новых разработок, могут выступать [3, 4]:

- качество разработки изделия;
- новизна технических решений (ТР);
- функциональная организованность изделия;
- конструктивная организованность изделия;
- современная технология производства изделия;
- безотказность изделия как составная часть комплексного показателя надежности.

Данная совокупность базовых составляющих КПТУ позволит заказывающему органу оценивать разрабатываемое изделие на этапах:

- формирования функциональной структуры в результате возникновения потребностей в нем, выдвигаемых вышестоящей системой;

- проработки новых принципов действия;
- определения ТР;
- оптимизации численных параметров, задаваемых в тактико-техническом задании (ТТЗ).

В этом состоит новизна разрабатываемой методики оценки и выбора изделий пожарной техники.

Модель расчета обобщенного показателя качества (ОПК) основывается на разбиении исходного множества показателей на подмножество существенных и несущественных показателей. Для определения критерия разбиения исходного множества показателей на рассмотренные подмножества можно использовать методы: экспертного анализа и корреляционно-регрессионного анализа, в связи с тем что явной зависимости эффективности изменения изделия по назначению от входящих в нее показателей в настоящее время нет. При этом экспертные методы обладают недостатками, к которым относят:

- большую трудоемкость и существенные временные затраты;
- наличие субъективизма, присущего самой процедуре экспертного опроса;
- привлечение большого числа специалистов в данной предметной области.

Поэтому наиболее целесообразно использовать в качестве критерия разбиения коэффициент выборочной корреляции «затраты-показатель» с учетом наличия достаточной статистической выборки. Также при комплексной оценке качества возникают погрешности, выражающиеся в том, что развитая номенклатура менее существенных параметров «скрывает» более существенные, что влечет за собой сокрытие отдельных крупных недостатков разрабатываемого изделия.

Исходя из проведенных исследований, следует, что для образцов пожарной техники должен устанавливаться (планироваться) ОПК в виде количественного значения. Нормирование показателей в модели ОПК производилось относительно показателей, задаваемых в ТТЗ. При этом одни показатели имеют точечное значение, а другие интервальные. В этом случае ОПК, после определения коэффициентов значимости и нормировки показателей, рассчитывается только по существенным показателям с учетом выполнения значений несущественных показателей. Данная базовая характеристика позволяет заказывающему органу определить, с какой степенью приближения в разрабатываемом изделии реализованы тактико-технические характеристики. Данный подход проверен на реально существующих изделиях, является работоспособным и свободен от недостатков, присущих известным способам оценки качества изделий.

Модель расчета оценки новизны ТР, заложенных в новые разработки, представлена с технической, производственной и экономической точек зрения. Данная оценка осуществляется посредством составления определительных таблиц, в которых качественным категориям ТР образцов пожарной техники соответствуют количественные значения. В общем виде функция, нормирующая вес характеристик, может иметь линейный и нелинейный характер. Если брать линейный характер функции, то шаг значимости между характеристиками будет линейный, то есть характеристики должны быть независимыми, что не соответствует их физическому смыслу. В классе нелинейных зависимостей наиболее широкое распространение является нормировка значимостей веса характеристик, основанная на нормальном законе распределения, предполагающем равновероятность и взаимонезависимость характеристик. Однако рассмотренные характеристики зависимы между собой. Характеристики, описывающие новые ТР, имеют разные весовые коэффициенты, поэтому возникает задача нахождения их коэффициентов значимостей. Проведенные исследования показывают, что целесообразно вид функции, нормирующей вес характеристик, представлять формулой (1), с учетом введенных ограничений и допущений и комбинаторного подбора коэффициента 2,1:

$$r^i = \frac{1}{2,1^{i-1}} \quad (1)$$

В итоге значение показателя новизны ТР ($K_{НТР}$) может быть найдено как:

$$K_{НТР} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ijок} \cdot stgn B_{ijок},$$

где $stgn B_{ijок} \begin{cases} 1, \text{ если по } i\text{-ой характеристике используется } j\text{-ая позиция;} \\ 0, \text{ если по } i\text{-ой характеристике не используется } j\text{-ая позиция;} \end{cases}$
 n – количество характеристик; m – количество позиций; $B_{ijок}$ – показатель, определяемый как произведение базисного балла и соответствующего веса характеристики r^i .

Отличие предлагаемого подхода оценки новизны ТР от существующих заключается в дополнении характеристик в определительных таблицах и введении функции, нормирующей веса характеристик.

Основанием для введения данной базовой составляющей является желание заказчика иметь изделие, построенное с учетом последних достижений науки и техники. Кроме этого, подобная оценка важна с точки зрения увеличения периода морального старения образцов пожарной техники, который прямо пропорционален количеству используемых в них новых ТР, что в дальнейшем позволит заказчику сократить средства на разработку новых образцов путем продления их жизненного цикла и увеличения срока эксплуатации ранее разработанной техники.

Предложенная модель расчета функциональной организованности разработки образцов пожарной техники базируется на методе функционально-физического описания разрабатываемых изделий. Она обеспечивает сравнение изделий по числу полезных, второстепенных, вспомогательных, главных, основных функций и экономии затрат на их достижение. Показатель функциональной организованности $K_{фо}$ объединяет совокупность коэффициентов, описывающих конкретный набор функций, и рассчитывается как:

$$K_{фо} = \sqrt{K_{акт_{гл}} \cdot K_{акт_{вт}} \cdot K_{сф} \cdot K_{рф}},$$

где $K_{акт_{гл(вт)}}$ – коэффициент актуализации функций, рассчитываемый для групп главных и второстепенных функций; $K_{сф}$ – коэффициент сосредоточения функций, рассчитываемый для группы главных функций; $K_{рф}$ – коэффициент расширения функций, рассчитываемый по соотношению между группой второстепенных и главных функций.

Данный показатель позволяет заказчику оценить новый образец с точки зрения рациональности его внутреннего строения.

Однако реализация заданных функций, ради которых создается изделие нового поколения, предполагает различный комбинаторный набор ТР, основанных на определенных физических принципах действия, которые, в свою очередь, приведут к конкретному структурному набору элементов конструкции и связей между ними. Поэтому дополнительно введен показатель конструктивной организованности образца. Под данным показателем понимается комплексная характеристика, учитывающая внутреннее содержание образца с точки зрения его рационального построения, оптимального соотношения элементов и связей между ними, рассчитываемая как:

$$K_{орг} = \frac{(k \cdot \ln(N)!) \cdot M}{N^2},$$

где k – постоянный коэффициент ($k=1,44$); N – число элементов в изделии; M – число связей в изделии.

При разработке нового изделия в первую очередь реализуются основные свойства, определяющие его назначение, но мало уделяется внимания вопросам эксплуатационной

и производственной технологичности. Это приводит к тому, что на стадии эксплуатации затрачивается большое количество сил и средств на ремонт и техническое обслуживание изделия, что, в конечном итоге, приводит к его значительному удорожанию. В связи с этим предложен способ расчета показателя, учитывающего приспособленность образца к прогрессивным технологиям производства, рассчитываемого как:

$$K = K_1 \cdot \alpha_1 + K_2 \cdot \alpha_2 ,$$

где α_1 – коэффициент значимости показателя технологичности изделия; α_2 – коэффициент значимости показателя прогрессивности технологии производства; K_1 – обобщенный показатель технологичности образца, состоящий из комплексного показателя по радиоэлектронным и механическим составным частям изделия; K_2 – обобщенный показатель прогрессивной технологии производства.

Знание заказчиком количества новых и типовых технологических процессов, необходимых для производства данного типа изделий, позволит прогнозировать себестоимость и требуемый объем серийного производства.

Очередной характеристикой ТУ является надежность образца, под которой понимается показатель, характеризующий одно из свойств изделия с точки зрения ремонтпригодности, сохраняемости, безотказности и долговечности, определяемые заказчиком как приоритетные [3, 4]. Надежность – это комплексное свойство, и в настоящее время нет ни одного обобщенного показателя. Использовать в качестве показателя коэффициент готовности, представляемого как комплексный показатель, нет возможности, так как отсутствуют методики по определению времени восстановления отказов в изделии. Поэтому в качестве показателя взята средняя наработка на отказ, как наиболее широко используемая, прямо или косвенно связанная с другими показателями надежности. Для условий решаемой задачи взята наработка на отказ, определяемая как:

$$T_0 = \frac{1}{\sum_{j=1}^r \lambda_{jr}} ,$$

где λ_{jr} – интенсивность отказов j группы элементов.

Необходимость ввода данного показателя определяется тем, что он наиболее полно характеризует приспособленность изделия к эксплуатации, которую могут в несколько раз превышать затраты на разработку и производство образцов пожарной техники.

Модели и способы расчета базовых составляющих КПТУ проверены на примере расчета приборов приемно-контрольных пожарных. Полученные их численные значения находятся в одном масштабе измерения и могут быть использованы для описания ТУ изделий с целью выбора лучшего образца на конкурсной основе.

Проведенный анализ наиболее широко распространенных средневзвешенных оценок показал, что наиболее подходящей, с точки зрения достоверности и объективности получаемых результатов, для ЛПР является средневзвешенная гармоническая свертка, так как другие средневзвешенные оценки усредняют конечные результаты. Выбор средневзвешенной оценки проводится по критерию чувствительности изменения численных значений КПТУ от изменения численных значений одной из базовых составляющих. Средневзвешенная гармоническая оценка имеет следующий вид:

$$КПТУ = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{K_i}} ,$$

где α_i – коэффициент значимости i базовой составляющей; n – число базовых составляющих; K_i – значение i базовой составляющей ТУ изделия.

С учетом условия нормировки коэффициентов весомостей (формула 2) и условия глобального экстремума КПТУ, а также основываясь на предположении, что при меньшем значении КПТУ выбираемое изделие находится ближе к некоторому гипотетическому

образцу, можно сделать вывод, что ККТУ целесообразнее рассчитывать по методу «идеального центра».

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i^2 = 1. \quad (2)$$

Коэффициенты значимости могут быть рассчитаны на основе методов Дельфи, рангового, баллового и других.

Для наглядности полученных результатов реализации расчетной процедуры оценки ТУ предложен графический способ представления полученных значений базовых составляющих в декартовой системе координат в виде многоугольника, который позволит ЛПР повысить объективность выбора лучшей разработки в условиях многоальтернативности.

Представленный состав показателей оказывается достаточным применительно к условиям решаемой задачи. Это следует из анализа аналогичных подходов к оценке ТУ в других предметных областях. Данные показатели, процедура оценки ККТУ, его графо-аналитическое представление позволило представить алгоритмическую структуру методики оценки и выбора образцов пожарной техники (рис.).

Работоспособность методики проверена на примере оценки ККТУ приборов приемно-контрольных пожарных.

Выигрыш от применения предлагаемой методики, по сравнению с другими, составляет 30–40 % по критерию достоверности оценки, что существенно повышает объективность принятия решения заказчиком новых образцов пожарной техники.

Выбор заказчиком лучшего образца, наряду с оценкой ТУ, предполагает оценку затрат заказчика при финансировании конкретной разработки. Поэтому необходимо также разработать модель расчета стоимости новой разработки, учитывающую инфляционные процессы, например, на основе анализа статистических и нормативно-параметрических методов.

После представления разработчиками своих изделий на конкурс заказывающий орган имеет возможность скорректировать денежные средства, выделяемые на изготовление изделия, так как он дополнительно может использовать данные в виде конкретных численных значений базовых составляющих ККТУ. На основе анализа существующих методов определения затрат были проанализирован метод корреляционно-регрессионного анализа, в виде построения линейной и нелинейной зависимости, а также метод аналога с различными коэффициентами пересчета. Анализ двух групп методов позволил выбрать метод аналога, так как корреляционно-регрессивный метод обладает большей погрешностью. Поэтому разработана модель уточненной лимитной стоимости образцов.

Разработанные модели со способами расчета базовых составляющих ККТУ и предложенная алгоритмическая структура методики оценки и выбора образцов пожарной техники, их графо-аналитическое представление, модель уточненной стоимости разработки позволят выработать обоснованные предложения по оценке и выбору образцов пожарной техники.

Разработанная методика позволяет сравнивать не только разработки между собой, она также предполагает сравнение отдельных образцов с лучшими зарубежными аналогами. Однако в этом случае некоторые базовые составляющие требуют введения дополнительной информации, ограничений и допущений.

Методика направляет разработчиков на производство техники нового поколения, систематизирует их действия и формализует необходимый комплект документов, который они должны предоставить заказывающему органу. Она ставит в равные условия всех разработчиков. В случае победы одного из разработчиков заказывающее лицо уточняет лимитную стоимость, согласовывает с калькуляционной стоимостью разработчика, что приводит к требуемому компромиссу, удовлетворяющему обе стороны.

Предлагаемая методика, модели и способы расчета базовых составляющих ККТУ, модель оценки уточненной стоимости новых образцов являются рекомендательными для ЛПР, так как в зависимости от сложившейся обстановки и существующих у него ограничений и допущений ЛПР выбирает лучшую разработку по одному из доминирующих критериев.

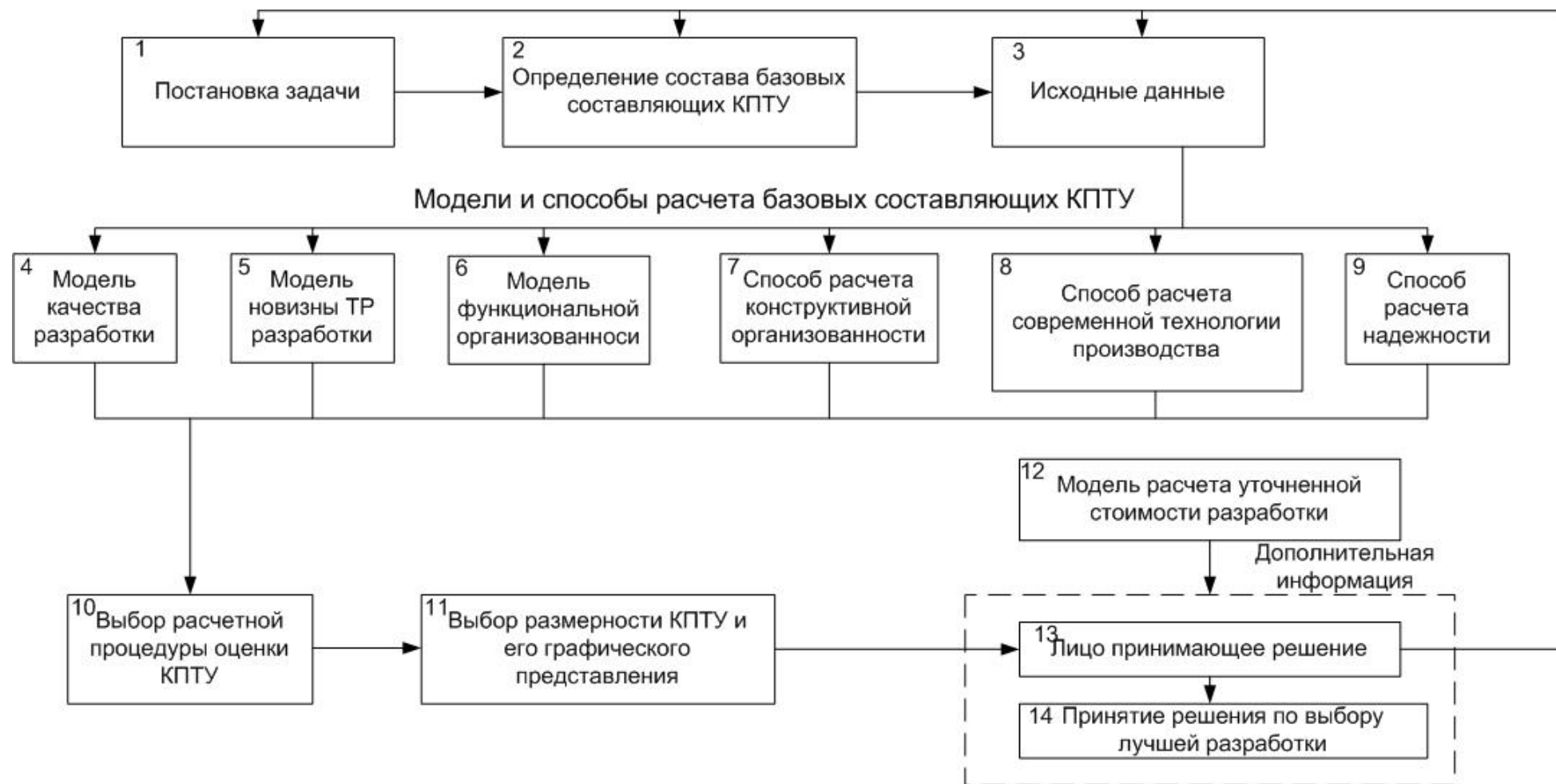


Рисунок 1 - Алгоритмическая структура методики оценки и выбора образцов пожарной техники

Литература

1. 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. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 213–233.

2. Калач А.В., Шарапов С.В., Гусаков А.Н. Исследование статистики применения пожарной техники для тушения пожаров // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 6. С. 48–56.

3. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к процессу поиска и принятия решения при создании современных образцов пожарной техники // Система обеспечения пожарной безопасности. Состояние, тенденции, пути развития: сб. статей и докладов науч.-практ. конф. СПб.: Воен. ин-т (инж.-техн.), 2017. С. 218–222.

4. Иванов А.В., Михайлова В.И., Скрипник И.Л. Повышение надежности пожарной техники в условиях теплового воздействия при горении нефтепродуктов // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 91–94.

