



Методы обоснования решений по выбору состава оборудования в инновационных проектах

А. В. Самков, доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры экономических дисциплин, Смоленский филиал ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», otvet@abok.ru

А. В. Зятькова, доцент кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин, Смоленский филиал ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г. В. Плеханова»

Ключевые слова: инновационные проекты, задача выбора, метод анализа иерархий

В статье предложены методы решения задач по выбору состава оборудования при технико-экономическом обосновании проектов и обеспечению поддержки решений. На примере выбора образцов котлового оборудования решена задача сравнительной оценки и их выбора с применением комплекса методов: анализа иерархий, анализа сетей и распознавания образов. Определены преимущества и недостатки данных методов, разработаны практические рекомендации по их применению.

Известно, что одним из недостатков проектного управления является недостаточная обоснованность решений при разработке и управлении проектами, особенно при выборе состава оборудования, новых технологий, комплексов автоматизации, программного обеспечения и т. д. [1].

Если принять во внимание широкую номенклатуру современного оборудования, систем и технологий, предлагаемых на рынке, широкий диапазон характеристик оборудования (эксплуатационных, эргономических, стоимостных и др.), процесс

выбора лучших образцов и формирования оптимального состава технических средств представляет значительную сложность.

Принимаемые на этом этапе решения часто бывают необоснованными, связанными с субъективностью и в итоге приводят к снижению инвестиционной привлекательности проектов, увеличению необоснованных затрат и сроков их окупаемости.

Если учитывать высокую стоимость современных инновационных проектов, которая может достигать сотни миллионов рублей и выше, задача



обоснованности принятия решений по выбору состава оборудования, новых технологий, средств автоматизации, программного обеспечения и т. д., бесспорно, является актуальной и требует решения.

Значительная часть современных проектов решает задачу энергоэффективности, так что рассмотрим технологию принятия решений на примере выбора современных энергосберегающих бытовых котлов.

Одной из важных задач энергоэффективности, решаемых при управлении инновационными проектами и посвященных технико-экономическому обоснованию принимаемых решений, является выбор лучших образцов энергетического оборудования (ЭО) по множеству показателей, включая технико-экономические показатели объектов и процессов их функционирования.

Решение такого типа задач базируется на выборе наиболее эффективных методов решения (либо на создании новых) и разработке методических подходов для проведения сравнительной оценки и отбора лучших образцов ЭО на основе критерия «эффективность – стоимость» [1, 2]. В результате определяется оптимальный образец ЭО с лучшими технико-экономическими показателями, что позволяет избежать необоснованных экономических затрат.

ЭО (в том числе и котлы) относится к классу сложных технических систем (СТС), а многокритериальная задача выбора таких систем – к классу задач квалиметрии [3], решение которых представляет соответствующую сложность и требует разработки методического подхода на основе выбранных математических методов [1].

Задачей исследований также является разработка практических рекомендаций по применению методов ее решения для отбора образцов ЭО по критерию «эффективность – стоимость». При этом

под критерием «эффективность» понимается прирост эффективности применения выбранного образца ЭО (после установки более современного оборудования), под критерием «стоимость» – экономические затраты на приобретение и эксплуатацию ЭО.

Известен ряд методов для решения задач квалиметрии, среди которых **метод анализа иерархий (МАИ)** [4, 5] и менее известные **метод анализа сетей (МАС)** [6], **метод распознавания образов (МРО)** [6] и др. Однако каждый из них нельзя назвать универсальным.

В результате исследований проведена апробация отмеченных многокритериальных методов и их сравнительная оценка на примере выбора котлового оборудования (котлов). При этом определены достоинства и недостатки сравниваемых методов, разработаны практические рекомендации для их применения и методические подходы для оценки и выбора лучших образцов котлов по критерию «эффективность – стоимость» [1].

Известно, что технология применения МАИ базируется на иерархическом представлении элементов путем проведения попарного сравнения характеристик образцов [4, 5]. В результате его применения формируется соответствующая матрица на базе девятибалльной шкалы, а затем глобальные приоритеты для каждого из сравниваемых образцов (котлов), и проводится процедура выбора лучшего варианта.

Апробация предложенных методов решения проведена для реально существующих шести типов бытовых котлов одного класса по семи параметрам: номинальная мощность, коэффициент полезного действия (КПД), объем отапливаемых помещений, максимальный расход газа, гарантийный срок службы, массовые и ценовые характеристики (табл. 1).

Таблица 1

Исходные данные для решения задачи

Котлы	Номинальная мощность, кВт	КПД, %	Отапливаемый объем, м ³	Максимальный расход газа, м ³ /ч	Гарантийный срок службы, мес.	Масса котла, кг	Цена, долл.
Котел № 1	24,0	92	220	2,80	29	85,5	422
Котел № 2	20,0	90	225	2,24	30	64,0	385
Котел № 3	24,0	90	240	2,75	24	80,0	415
Котел № 4	25,0	91	280	2,90	24	100,0	431
Котел № 5	22,5	90	220	2,60	24	80,0	416
Котел № 6	20,0	90	200	2,40	24	89,0	425



Расчеты для сравниваемых методов проводились с помощью веб-приложения «Система поддержки принятия решений (СППР) NooTron», разработанного коллективом кафедры, возглавляемой профессором А.И. Михалевым [6].

Метод анализа иерархий

При проведении расчетов на основе МАИ выделена численность альтернатив и критерии их сравнения для всех сравниваемых образцов, проведены попарные сравнения на основе шкалы Саати, получены результаты расчетов, а также значения глобальных приоритетов (ГП) сравнительной оценки (табл. 2) и диаграмма результатов выбора на основе МАИ (рис. 1). Для сравнения результатов оценена чувствительность метода на основе метрики А:

$$A = ((X_{\max} - X_{\min}) / X_{\max}) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где X_{\max} – альтернатива с максимальным значением ГП;

X_{\min} – альтернатива с минимальным значением ГП.

Анализ результатов расчетов (табл. 2, рис. 1) показывает, что лучшим образцом по критерию «эффективность – стоимость» из шести сравниваемых марок котлов является образец № 4, который на 5,35 % превосходит образец № 6.

Метод распознавания образов

Применение МРО для решения задачи выбора основано на формировании модели сравнения альтернатив на образах классов приближения к идеальному решению. При этом используется аппарат искусственных нейронных сетей, который имеет высокие потенциальные возможности для применения в теории принятия решений. Применение МРО для выбора котлов проводилось на основе алгоритма, включающего следующие составляющие:

1. Выбор критериев и альтернатив сравнительной оценки.
2. Определение классов оценок (класс 1 – преимущество «Техническое совершенство», класс 2 – преимущество «Экономическое совершенство», класс 3 – «Глобальные приоритеты») (табл. 3).

Таблица 2

Числовые значения глобальных приоритетов (ГП)	
Альтернативы	ГП
Котел № 1	0,959
Котел № 2	0,982
Котел № 3	0,970
Котел № 4	0,989
Котел № 5	0,959
Котел № 6	0,936

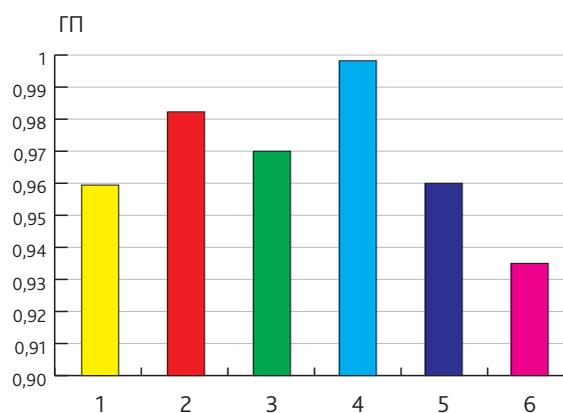


Рис. 1. Результаты выбора сравниваемых котлов на основе МАИ

3. Задание числовых значений каждого класса по заданным критериям и коэффициентам важности критериев.
4. Проведение расчетов на основе алгоритма МРО и получение сравнительных оценок.
5. Построение диаграмм на основе полученных результатов и выбор лучших вариантов (рис. 2).
Результаты исследований на основе МРО, приведенные в табл. 3 и на рис. 2, хорошо согласуются с результатами, полученными на основе МАИ.

Метод анализа сетей

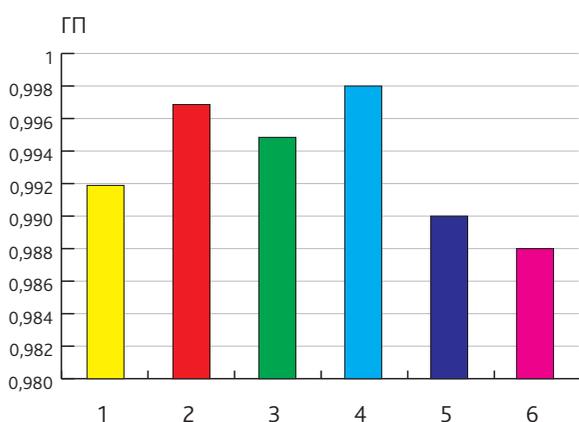
При решении задачи выбора на основе МАС принято во внимание, что этот метод является дальнейшим развитием МАИ, имеет дополнительные возможности оценки влияния характеристик объектов в сетевых структурах и в иерархиях с горизонтальными и обратными связями.



Таблица 3

Исходные данные
для решения задачи на основе МРО и МАИ

Альтернативы	I класс	II класс	III класс
Котел № 1	0,990	0,984	0,992
Котел № 2	0,967	0,998	0,997
Котел № 3	0,991	0,996	0,995
Котел № 4	0,98	0,998	0,998
Котел № 5	0,980	0,996	0,990
Котел № 6	0,978	0,988	0,988

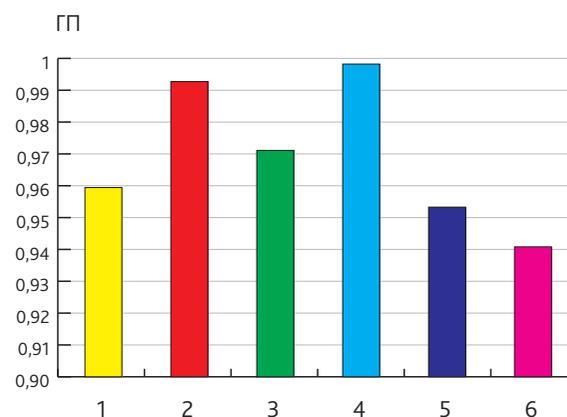


■ Рис. 2. Результаты выбора котлов на основе МРО

Таблица 4

Результаты выбора котлов
на основе МАС

Альтернативы	Глобальные приоритеты
Котел № 1	0,959
Котел № 2	0,994
Котел № 3	0,970
Котел № 4	0,998
Котел № 5	0,953
Котел № 6	0,941



■ Рис. 3. Результаты выбора котлов на основе МАС

Применение МАС базируется на понятии доминирования, позволяет оценивать такие показатели объектов, как важность, превосходство и вероятность, что помогает делать более обоснованные выводы о соотношении сравниваемых объектов.

МАС позволяет объединить количественные данные с экспертными оценками и, тем самым, создавать более адекватные модели. Вместе с тем, применение МАС более трудоемко по сравнению с МАИ.

Результаты расчетов на основе МАС (рис. 3, табл. 4) также подтверждают полученные ранее результаты на основе МАИ и МРО. При этом лучший образец котла на 5,71 % превышает рейтинг образца № 6.

Сравнительная оценка

По результатам исследований проведена сравнительная оценка применимости рассмотренных методов для задач сравнительной оценки и выбора

лучших образцов СТС на примере котлов и определены их преимущества и недостатки (табл. 5).

Наиболее широкими возможностями из сравниваемых методов для решения рассматриваемых задач обладает МАС, как дальнейшее развитие МАИ. МАС и МАИ в комплексе позволяют более обоснованно принимать решения по выбору образцов СТС ввиду большей информативности результатов.

Данные методы целесообразно применять при наличии квалифицированных экспертов, обеспечивающих объективное назначение приоритетов для сравниваемых характеристик образцов СТС, что является недостатком, связанным с дефицитом профессиональных экспертов.

МРО может эффективно применяться при значительных отличиях в оценках для рассматриваемых альтернатив, а также в случаях дефицита времени на принятие решений.

Анализ достоинств и недостатков рассмотренных методов сравнительной оценки образцов СТС



Таблица 5

Преимущества и недостатки методов выбора и сравнительной оценки образцов СТС

Методы	Преимущества	Недостатки
Метод распознавания образов	Возможность деления на классы, что упрощает выбор альтернатив и повышает оперативность принятия решений	Необходимость наличия квалифицированных экспертов и недостаточная информативность
Метод анализа иерархий	Пошаговый анализ по каждому критерию; высокая информативность	Субъективность результатов, связанных с назначением приоритетов сравниваемым характеристикам
Метод анализа сетей	Высокая информативность и точность результатов расчетов	Невозможен одновременный выбор по нескольким классам

указывает на целесообразность их комплексного применения, что позволяет повысить обоснованность принимаемых решений и снизить риск возникновения ошибок на этапе выбора.

Выводы

Таким образом, предложен комплексный методический подход для проведения сравнительной оценки и выбора лучших образцов оборудования (котлов) на основе критерия «эффективность – стоимость», позволяющий принимать оптимальные (рациональные) решения при формировании состава оборудования, выборе новых технологий, комплексов автоматизации, программного обеспечения на ранних этапах обоснования проектов.

Недостатками данного подхода являются сложность применяемого математического аппарата, которая требует квалифицированного персонала (математиков, программистов), и недостаточная оперативность получаемых решений, связанная со сложной технологией проведения исследований.

Вместе с тем покупателю, постоянно решающему задачу сравнительной оценки и выбора лучших образцов оборудования, необходимо иметь возможность получения обоснованных и оперативных результатов решений с учетом своих приоритетов (весовых коэффициентов) в реальном масштабе времени.

С целью устранения отмеченных недостатков создается система поддержки принятия решений на основе комплексного применения предложенных методов выбора (МАИ, МАС, МРО), применение которой позволит повысить оперативность и обоснованность выдачи результатов выбора,

а также доступность работы с ней непрофессиональных пользователей. Применение такой СППР позволит значительно сократить трудоемкость расчетов, повысить оперативность принятия решений и их качество и, в конечном счете, повысить успешность реализации планируемых проектов еще на ранних этапах их обоснования.

Литература

1. Самков А. В. Методы выбора образцов энергосберегающего оборудования и технологий / А.В. Самков, Н.В. Мигович, Н.В. Рыжиков // Энергетика: экономика, технологии, экология. Киев : НТУУ «КПИ», 2014.
2. Самков А. В. Методический подход для сравнительной оценки и выбора образцов энергетического котлового оборудования / А.В. Самков, Ю.А. Захарченко, А.А. Скрипниченко, М.М. Хамровская // Проблемы информатизации и управления. 2009. № 4 (28).
3. Азгальдов Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров. Основы квалиметрии. М. : Экономика, 1982.
4. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М. : Издательство ЛКИ, 2008.
5. Саати Т. Л. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. / Т.Л. Саати, К.П. Кернс. М. : Радио и связь, 1991.
6. Михалев А. И. Оценка эффективности проектов объединенным методом многокритериального анализа / А.И. Михалев, В.И. Кузнецов, Г.Л. Теплякова // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. Вып. 3 (80). Днепропетровск, 2012. ■