УДК 697.347

СТРУКТУРИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА КАК МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ*

Д-р техн. наук, доцент **Гашо Е.Г.**[1]
Ст. преп. **Фокин А.М.**[2]
Аспирант **Киселева А.И.**[1]
[1]*Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва*
[2] *Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ», г. Смоленск*

Аннотация. *Представленная статья посвящена решению теоретических вопросов, связанных с оценкой качества теплоснабжения, предложена структурированная функция качества системы централизованного теплоснабжения с целью контроля качества и эффективности работы системы централизованного теплоснабжения.*

Ключевые слова: *квалиметрия, качество теплоснабжения, система централизованного теплоснабжения, энергоэффективность, показатели качества.*

Системы управления качеством получили широкое распространение во всех отраслях промышленности. При этом следует отметить, что в области централизованного теплоснабжения данным методам не уделяется должного внимания. Системы качества в энергетике разработаны только для отдельных случаев, в основном при производстве теплоэнергетического оборудования. Сам же процесс теплоснабжения и система отопления в целом как предмет изучения квалиметрии не рассматривалась [1]. В связи с этим актуальной научной задачей, имеющей как теоретическое, так и прикладное значение, выступает разработка системы оценки качества теплоснабжения и построение на её основе мер по повышению качества.

Целью работы являлось построение системы оценки качества централизованного теплоснабжения, обоснование методов повышения качества теплоснабжения и разработка данных методов.

* *Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ №16-19-10568*

Качество обеспечивается практически всеми свойствами изделия (системы теплоснабжения), количество которых в принципе бесконечно. Обычно задача перевода интуитивных представлений потребителей о качестве в численные значения соответствующих технических параметров решается путём представления свойств и характеристик предмета оценки в виде комплексного показателя качества [2]:

$$K = \sum_{i=1}^{n} a_i \kappa_i \qquad (1)$$

где K – комплексный показатель качества; a_i – весовой коэффициент соответствующего единичного показателя; κ_i – значение единичного показателя; n – количество единичных показателей качества.

Таким образом, на первом этапе оценки определяются наиболее значимые показатели качества системы теплоснабжения: 1) стабильность температуры в помещениях; 2) стабильность влажности; 3) безопасная температура нагревающих устройств; 4) электрическая безопасность системы; 5) гидравлическая безопасность системы; 6) бесшумность; 7) минимально занимаемое системой место; 8) энергоэффективность; 9) стоимость капитальных вложений; 10) стоимость эксплуатации.

Совокупность этих показателей определяет комплексный показатель качества [2]. В свою очередь, каждый из этих показателей обеспечивается соответствующими техническими параметрами (показателями), т.е. они являются также комплексными показателями качества. Но графическое представление показателей планирования уже даст представление об уровне качества системы, например, по сравнению с некоторым базовым образцом.

Среди методов обеспечения и оценки качества можно выделить две большие группы: традиционные существующие и сравнительно новые (не применявшиеся до сих пор) современные методы. К традиционным относятся методы, регламентированные нормативными документами и ведомственными инструкциями и рекомендациями. Среди современных методов рассмотрим следующие: статистические, методы Тагучи и структурирование функций качества [3].

Структурирование функции качества является системным инженерным инструментом, который используется для сбора запросов и пожеланий потребителя (как внутренних, так и внешних) и представления их в виде параметров изделия (параметров планирования) [4]. Требования заказчика сопоставляются с параметрами планирования и представляются в виде корреляционной матрицы (табл. 1)

Таблица 1

Примерный вид структурированной функции качества

		$R_{1,j}$									
		$R_{1,j-1}$	$R_{2,j}$								
		…	…	…							
		$R_{1,3}$	Матрица корреляций $R_{i,j}$								
		$R_{1,2}$	$R_{2,1}$	…	…	$R_{j-1,j}$					
		Инженерные параметры планирования									
		1	2	…	…	j–1	j	$K_{тр.п.i,к}$			Кпкк
Требования потребителя	1	11	12	…	…	1, j–1	1, j	$K_{тр.п.1,1}$	…	$K_{тр.п.1,к}$	$K = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} K_{ТР.ЛТ.j}$
	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	
	i	i, 1	i, 2	…	…	i, j–1	i, j	$K_{ТР.ЛТ.j} = (\sum_{i=1}^{n}(K_{т.тр.i} \cdot K_{конк.сп.i} \cdot K_{вi}))/n$			
	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	
	n	n, 1	n, 2	…	…	n, j–1	n, j	$K_{тр.п.n,1}$	…	$K_{тр.п.n,к}$	
$K_{т.тр.i}$	$K_{т.тр.1}$										
	…		$K_{т.тр.i} = \frac{1+\sum_{j=1}^{m} R_{ij}}{1+\max\sum_{j=1}^{m} R_{ij}}$								
	$K_{т.тр.m}$										
Технические оценки ИПП	$ИПП_1$										
	…										
	$ИПП_m$										
$K_{к.сп.i}$	$K_{к.сп.1}$										
	…		$K_{конк.сп.} = \frac{ИПП_i}{ИПП_{iб}}$								
	$K_{к.сп.m}$										

Информация, получаемая с помощью такой матрицы, позволяет установить, насколько параметры планирования удовлетворяют требования заказчика, и сопоставить параметры планирования с достижениями в этой области. Структурированные функции качества могут строиться и для существующего изделия в том случае, если требуется определить, какие требования заказчика учтены, а какие пропущены – оставшиеся без ответа пожелания будут представлены пустыми строчками матрицы. Любые излишние параметры планирования (параметры изделия) будут представлены пустыми колонками.

Первым шагом в процессе является установление пределов параметров контроля или границ вариации свойств изделия, которое изучается. В нашем случае рассматривается система теплоснабжения административного здания. Следующей задачей будет определение потребностей заказчика или пользователя. В качестве заказчиков выступают сотрудники, находящиеся в отапливаемых помещениях, администрация организации, обслуживающий персонал и др.

Затем следует установить перечень количественных характеристик, которые обеспечивают выполнение требование заказчиков. Количественные или технические характеристики системы обычно представлены в технической документации на объект. Учитывая важное социальное значение систем отопления, главнейшие характеристики системы регламентированы в нормативных документах [5]. Так как эти характеристики являются количественными, то к ним предъявляется требование измеримости – эти характеристики должны выражаться количественно в установленных единицах. Например, температура отопительного прибора – в градусах Цельсия.

В средней части таблицы приведена матрица соотношений, в которой указана взаимосвязь между требованиями заказчика и параметрами планирования. Из матрицы соотношений видно, какие требования потребителя и насколько обеспечивают те или иные характеристики изделия. При этом различают три вида связи: сильная, средняя, слабая. Численно выразить эту взаимосвязь можно с помощью методов экспертных оценок.

На основе матрицы соотношений строится процесс оценивания конкурентов в зависимости от того, насколько учтены пожелания потребителей тем или иным конкурентом. Графа оценок конкурентов находится в правой части дома качества. При этом конкуренты располагаются по порядку в зависимости от количества набранных баллов.

Над таблицей параметров планирования дана матрица корреляций между самими параметрами планирования. Корреляционная связь мо-

жет быть выражена четырьмя степенями: сильная положительная, положительная, сильная отрицательная, отрицательная [6]. Отрицательные связи рассматриваются при оптимизации соотношения соответствующих технических характеристик. Положительные связи позволяют избежать дублирования усилий. В случае сравнения нескольких конкурентов, как в нашем случае, можно вычислить сами значения коэффициентов корреляции: численное значение коэффициента корреляции между i и j техническими параметрами R_{ij}; сумму коэффициентов корреляции для i элемента $\sum_{j=1}^{m} R_{ij}$; максимальную из сумм $\max \sum_{j=1}^{m} R_{ij}$.

На основе этих чисел определяется коэффициент технической трудности реализации того или иного параметра планирования:

$$K_{m.mp.i} = \frac{1 + \sum_{j=1}^{m} R_{ij}}{1 + \max \sum_{j=1}^{m} R_{ij}} \qquad (2)$$

Численные значения технических характеристик системы (исследуемой и альтернативных) приведены в нижней части таблицы.

На основе технических характеристик системы – фактически это оценка изделий конкурентов – строится процесс оценки конкурентоспособности вариантов. Этим достигается установление базового уровня – наиболее достойного варианта изделия. В качестве конкурентов в нашем случае выступили различные варианты теплоснабжения – от централизованного теплоснабжения до индивидуального.

$$K_{конк.сп.} = \frac{ИПП_i}{ИПП_{iб}} \qquad (3)$$

где $ИПП_i$ – численное значение соответствующего параметра планирования; $ИПП_{iб}$ – численное значение соответствующего базового параметра планирования.

Инженерные параметры планирования представляют интерес не сами по себе, а в связи с тем, какое значение они имеют для обеспечения того или иного параметра планирования, это учитывается коэффициентом весомости, который определяется на основе матрицы соотношений:

$$K_{ei} = e^{-\frac{ТР.П_i - ТР.П_{\max}}{ТР.П_{\max}}} \qquad (4)$$

Затем определяются целевые значения параметров. Целевые значения параметров ранжируются по принципу трудности технической реализации, и составляется рейтинг важности для каждой количественной характеристики в процентах. По рейтингу принимают решение о том, какие параметры изделия следует изменять в первую очередь.

Теперь можно определить уровень единичного показателя качества для отдельных требований потребителя, достигаемый в различных системах теплоснабжения:

$$K_{ТР.П.j} = \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n}(K_{т.тр.i} \cdot K_{конк.сп.i})) \cdot K_{вi} \quad (5)$$

Комплексный показатель качества системы теплоснабжения будет равен среднему от единичных показателей:

$$K = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} K_{ТР.П.j} \quad (6)$$

где m – количество требований потребителя.

Выводы по работе: построив структурированную функцию качества, можно решить основные экономические проблемы качества [7]: измерить качество сравниваемых вариантов, оценить стоимость достижения заданного уровня качества или определить уровень качества исходя из имеющихся средств на обеспечение качества, а также тесно связанную с ними задачу о сроке окупаемости мероприятий по повышению качества.

Библиографический список

1. Киселева А.И., Фокин А.М. Влияние отдельных показателей на качество функционирования паропроводов // Матер. докл. I Поволжской научно-практ. конф. Казань: КГЭУ, 2015. С. 252-254.

2. Архангельская Е.Л., Елизарова Н.Н. Информационное обеспечение управления качеством теплообеспечения потребителей // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2012. № 4. 85 с.

3. Федюкин В.К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции. М.: Кнорус, 2015. 287 с.

4. Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении».

5. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. 9-е изд., стереот. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. 472 с.

6. Кендел М.Дж. Ранговые корреляции: пер. с англ. М.: Статистика, 1975. 216 с.

7. Ковылянский Я.А., Старостенко Н.Н. Практическая методика количественной оценки надёжности тепловых сетей при проектировании и в условиях эксплуатации // Теплоэнергетика, № 5. 1997. С. 30–33.