

УДК 389:681.518

С.И. Кондрашов, Т.В. Дроздова

*Национальный технический университет «ХПИ», Харьков*

## АНАЛИЗ УЧЕТА СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ И СЛУЧАЙНОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПРИ ФАЗЗИФИКАЦИИ

*В статье рассматривается концепция развития интеллектуальных систем менеджмента качества для обеспечения их надежного функционирования, высокой метрологической надежности. Проводится анализ влияния систематической и случайной составляющих погрешности оценок экспертов на вид функций принадлежности, которыми описывается лингвистическая переменная, характеризующая качество сложного и динамического объекта исследования и определенная в теории нечетких множеств. Рассматривается влияние «старения» и изменения условий функционирования на оценку качества работы объекта исследования. Для их анализа предлагается ввести функцию самоконтроля путем ввода иерархической системы «наблюдателя качества».*

**Ключевые слова:** *оценивание качества, интеллектуальная система менеджмента качества, теория нечетких множеств, система «ситуация-действие», «наблюдатель качества».*

### Введение

На практике квалиметрический анализ и контроль качества функционирования любого сложного и динамического объекта происходит в условиях неопределенности, обусловленной отсутствием достаточной статистики, сложностью математической модели объекта, необходимостью учета некоторых неформализуемых или сложноформализуемых факторов. Уровень сложности систем управления в области качества такими объектами настолько высок, что использование известных стохастических и детерминированных моделей не обеспечивает квалиметрически адекватный анализ. В таких случаях математическая модель системы может основываться на теории нечетких множеств, которая позволила бы синтезировать интеллектуальную систему менеджмента качества (ИСМК).

На сегодняшний день особую актуальность приобрели экспертные системы. Такие системы могут быть полезны для эксперта-квалиметролога, принимающего решение относительно оценки состояния качества исследуемого объекта на основе анализа информации по каждому единичному показателю. Таким

образом, имеет место сложная система принятия решений, которая рассматривается как ситуационная система с нечеткой логикой (ССНЛ), основной частью которой является нечеткая модель управления.

При оценивании такой категории, как качество, эксперта следует рассматривать как «измерительный прибор». На точность и адекватность экспертных оценок влияют субъективные и объективные факторы, воздействующие как помехи. Возникающая под их действием погрешность оценивания имеет случайную и систематическую составляющие.

При проектировании ИСМК необходимо учитывать факт, что как сам объект, так и его система управления качеством подвержены временному дрейфу и существует динамическая составляющая погрешности измерения.

Особенности развития эффективных и надежных технических систем исследованы в работах таких ученых-системологов, как Б. Флейшман [1], Л. Берталанфи. Кроме того, следует отметить работы Месаровича М, Мако Д, Такахары И. [2], где отражены особенности теории иерархических систем. Использование аппарата нечетких множеств связано с работами таких ученых, как Л. Заде, А. Кофман,

Д.А. Поспелов и др. В работах [3, 4] рассмотрены примеры практического применения модели управления типа «ситуация-действие». Концепция развития ИСМК сформулирована в работе [5]. В работе [4] анализируется влияние различных составляющих погрешности измерения на этап фаззификации.

На основании вышеизложенного можно сформулировать следующие цели исследования:

1. Анализ процесса фаззификации при отсутствии влияния случайной составляющей.
2. Анализ процесса фаззификации с учетом систематической и случайной составляющих погрешности экспертных оценок.
3. Анализ влияния динамики на метрологические характеристики ИСМК в результате ее деградации.
4. Поиск решения задач координации и адаптации ИСМК внешним воздействиям и динамичности.

### 1. Анализ процесса фаззификации экспертных оценок без учета случайной составляющей

Рассмотрим случай, когда на результат измерения качества влияет только систематическая составляющая погрешности, основная причина которой – недостаточная или неправильная информированность эксперта.

Систему оценки и мониторинга можно отнести к экспертным системам, основной недостаток которых заключается в сопоставлении описания состояния объекта с условиями истинности продукций, а также в определении последовательности просмотра и анализа продукций при выводе решений. В результате этого предлагается рассматривать исследуемую систему как ССНЛ модели управления «ситуация–действие» (С–Д). В таких системах продукции описываются в явном виде и представляют собой нечёткую базу знаний. Условия истинности продукции задаются эталонными нечёткими ситуациями.

Кроме ситуаций, продукции содержат управляющие решения.

Вывод решения заключается в сопоставлении описания текущего состояния объекта управления со всеми эталонными ситуациями, определении продукции с эталонной ситуацией, наиболее соответствующей входной нечёткой ситуации, и выдаче соответствующего управляющего решения.

Качество, как совокупность многих показателей, удобно представить в виде лингвистической переменной в том понимании, что эта переменная определена в теории нечетких множеств.

Лингвистическая переменная описывается набором функций принадлежности, которые строятся на основании экспертных оценок о степени принадлежности этой лингвистической переменной трем-

множеству. Обычно функции принадлежности могут иметь произвольную форму, но на практике, особенно в сфере управления, используются треугольная и трапециевидальная формы. В данной работе за лингвистическую переменную принята ЛП «Качество технологического объекта» с тремя терминами: «низкое качество», «среднее качества» и «высокое качество», функции принадлежности имеют треугольную форму.

Процедура принятия решений с помощью ССНЛ состоит из трех этапов: фаззификации, вычисления правил и дефаззификации.

Результатом работы фаззификации является процесс перехода от четкого множества к нечеткому, в результате чего формируется массив нечетких выводов, представляющих собой набор пар – лингвистический терм и его значение вероятности. Процесс фаззификации оценивания качества некоторого объекта без учета случайной составляющей погрешности представлен на рис. 1.

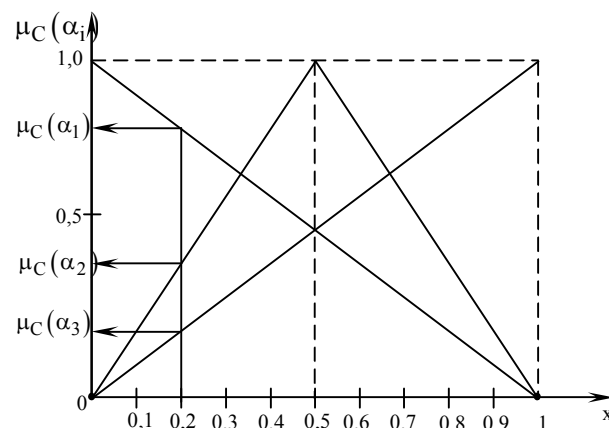


Рис. 1. График функций принадлежности без учета случайной составляющей погрешности

Из графика видно, что систематическая погрешность не влияет на вид функций принадлежности.

### 2. Анализ процесса фаззификации при наличии систематической и случайной составляющих

Случайная погрешность зависит от психофизиологических особенностей эксперта, его собранности, уверенности в правильности информации, внимательности и т. д. Случайную погрешность экспертной оценки можно уменьшить многократным повторением оценок, однако систематическая погрешность при этом останется неизменной.

Рассмотрим случай, когда СКО случайной составляющей погрешности не равно нулю. Тогда правила импликации, определяющие функции принадлежности в зависимости от значений систематической и случайной составляющих погрешности

(значения этих составляющих определяются в терминах: S, M, B) будут выражены при следующих предположениях:

1. Если случайная погрешность – малая (S,) то ее влияние мало, для описания систематической погрешности можно использовать термины S, M, B.
2. Если случайная погрешность – средняя (M), для описания систематической погрешности можно использовать термины M, B.
3. Если случайная погрешность – большая (B), для описания систематической погрешности используется только терм B.

На основании этих утверждений можно составить матрицу фаззификации (табл. 1):

Таблица 1

Матрица фаззификации

|            |   |                    |   |   |   |
|------------|---|--------------------|---|---|---|
|            |   | $\Delta$           |   |   |   |
|            |   | $\tilde{\Delta}_S$ | S | M | B |
| $\Delta_S$ | S | S                  | M | B | B |
|            | M | M                  | M | B | B |
|            | B | B                  | B | B | B |

$$\tilde{\Delta}_S = \Delta * \Delta_S,$$

где знак (\*) – знак объединения погрешностей согласно метрологическому правилу.

Наиболее интересный случай – случай учета случайной составляющей, значительно меньшей по сравнению с систематической. В данном случае функции принадлежности будут иметь вид, представленный на рис. 2.

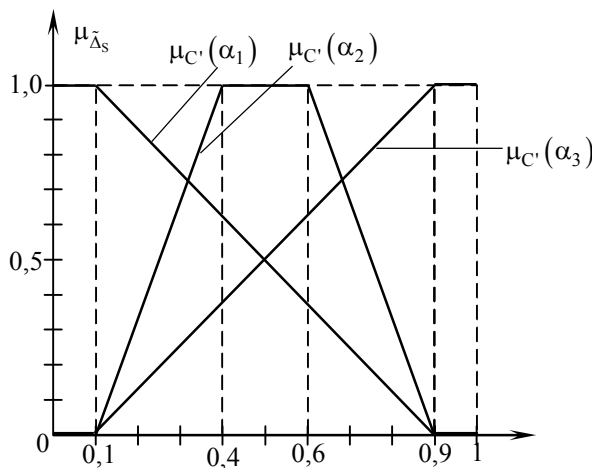


Рис. 2. График функций принадлежности с учетом малой случайной составляющей

Из графика видно, что наличие случайной составляющей погрешности видоизменяет форму функций принадлежности из треугольной в трапециевидную, что приводит к «размытости» функций принадлежности.

### 3. Анализ динамической погрешности

При проектировании ИСМК современных технических объектов необходимо определить временные границы функционирования как самих объектов, так и их ИСМК, установить временные ресурсы системы с учетом технологических и метрологических характеристик средств контроля.

Условия деградации или изменения функционирования объекта во времени неизбежно приведут к появлению динамической погрешности оценки качества.

Из системологии известно, что по мере усложнения системы в ней возникают эмергентные качества, при этом сохраняются качества более простых уровней.

Их можно расположить в следующей последовательности: устойчивость, помехоустойчивость, управляемость и самоорганизация (самоконтроль и адаптация).

Исходя из поставленных целей, ИСМК должны быть адаптированы технологическому объекту, адекватны принятой математической модели, метрологически и информационно надежны, а также обладать функцией самоконтроля. Для достижения поставленных целей целесообразно использовать подсистему системы контроля и управления качеством, которую предлагается называть «наблюдатель качества» (НК).

Предполагается, что ИСМК имеют многоуровневую иерархичную структуру, в результате чего обладают способностью принимать решение на основе анализа сложившихся ситуаций, не предусмотренных начальным алгоритмом. В системе оценки и управления качеством начальная информация поступает от источников, расположенных на уровне объекта управления низкого уровня к более высокому.

Система «наблюдателя качества» (рис. 3) имеет двухуровневую иерархическую структуру.

Основной задачей НК на первом уровне является оперативное управление качеством технологического процесса с учетом координации интеллектуальной системы управления качеством. Решение задач координации осуществляется путем использования «образов качества», которые на первом уровне определяются некоторым количеством единичных показателей качества. Качество «образа» является основным фактором, характеризующим трудоспособность НК в общем и каждого его уровня отдельно.

На втором уровне НК обеспечивает оценивание степени достижения глобальной цели управления интеллектуальной системы качества заданному уровню с учетом воздействия внешних факторов.

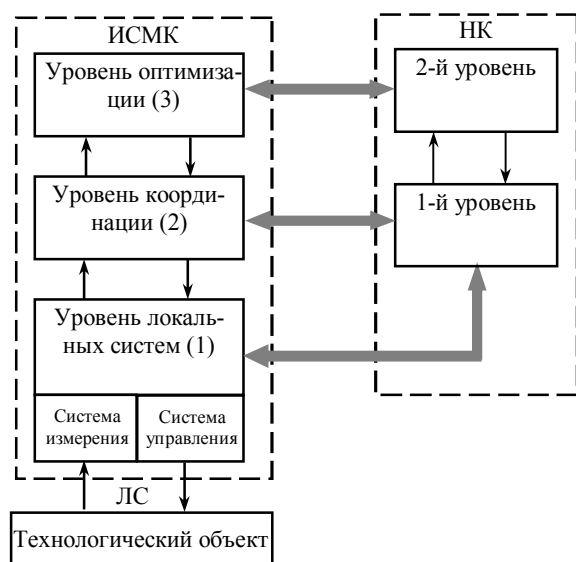


Рис. 3. Структура иерархической системы «наблюдателя качества»

## Выводы

В результате проведенных исследований рассмотрена модель блока фаззификации входных статистических данных о качестве объекта исследования с учетом как систематической, так и случайной составляющих погрешностей.

Установлено, что наличие случайной погрешности приводит к "размытости" функций принадлежности, расширяет интервалы индифферентности. Включение случайной погрешности в нечеткую ситуационную модель позволяет прийти к новым вербальным условиям фаззификации и обеспечивает переход от статистического описания к лингвистическим переменным в теории нечетких множеств.

## АНАЛІЗ УРАХУВАННЯ СИСТЕМАТИЧНОЇ ТА ВИПАДКОВОЇ СКЛАДОВИХ ПОХИБКИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ПРИ ФАЗИФІКАЦІЇ

С.І. Кондрашов, Т.В. Дроздова

У статті розглядається концепція розвитку інтелектуальних систем управління якістю для забезпечення їх надійного функціонування, високої метрологічної надійності. Проводиться аналіз впливу систематичної та випадкової складових похибки оцінок експертів на вид функцій належності, якими описується лінгвістична змінна, що характеризує якість складного та динамічного об'єкта дослідження і визначена в теорії нечітких множин. Розглядається вплив "старіння" і зміни умов функціонування на оцінку якості роботи об'єкта дослідження. Для їхнього аналізу пропонується ввести функцію самоконтролю шляхом введення ієрархічної системи "спостерігача якості".

**Ключові слова:** оцінювання якості, інтелектуальна система менеджменту якості, теорія нечітких множин, система "ситуація-дія", "спостерігач якості".

## ANALYSIS OF ACCOUNTING SYSTEMATIC AND RANDOM COMPONENTS OF ERROR OF EXPERT ESTIMATIONS FOR FUZZYFICATION

S.I. Kondrashov, T.V. Drozdova

In article the concept of intelligent quality management systems to ensure reliable operation, high metrological reliability is considered. The impact of the systematic and random components of the error on the form of expert evaluations of membership functions, that describe the linguistic variable, characterizing the quality of the complex and dynamic object and determined in the study of the theory of fuzzy sets, is analyzed. The impact "aging" and changes in operating conditions to evaluate quality of the research object is examined. For their analysis is proposed to introduce self-monitoring by entering the hierarchical system of "observer of quality".

**Keywords:** evaluation of quality, intelligent quality management system, the theory of fuzzy sets, the system "situation-action", "observer of quality".

Фундаментом решения задачи учета «старения» системы является использование теории систем и концепции системы НК, причем основой для создания такой системы должен стать их информационный и интеллектуальный потенциал.

Можно предположить, что при увеличении объема он должен тратиться на нужды самоконтроля и адаптации, что позволит повысить эффективность и надежность ИСМК.

В дальнейшей перспективе планируется более детальное изучение «наблюдателя качества» на уровне координации.

## Список литературы

1. Флейшман Б.С. Основы системологии / Б.С. Флейшман – М.: Радио и связь, 1982. – 368 с.
2. Месарович М. Теория иерархических систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
3. Мелихов А.Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А.Н. Мелихов, Л.С. Берштейн, С.Я. Коровин – М.: Наука, 1990. – 322 с.
4. Кондрашов С.І. Методи підвищення точності систем тестових випробувань електричних вимірювальних перетворювачів у робочих режимах / С.І. Кондратов. – Х.: НТУ «ХПІ», 2004. – 256 с.
5. Концепція розвитку інтелектуальних систем управління якістю / С. Кондрашов, Л. Константинова, М. Будьонний [та ін.] // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2008. – № 1 – С. 37-40.

Поступила в редколлегию 11.02.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.Ф. Павленко, ННЦ «Институт метрологии», Харьков.