

УДК 622.285:681.2

## ПРИМЕНЕНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ КВАЛИМЕТРИИ И ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ БАЗОВОГО ОБРАЗЦА

**Жетесова Г.С., Жунусова А.Ш., Грицова Н.А.**

*ГПП «Карагандинский государственный технический университет»,  
Караганда, e-mail: nadezhda-1585315@mail.ru*

В статье рассматривается проблема выбора базового образца при проведении оценки уровня качества машиностроительной продукции. В результате проведенного анализа был определен метод определения образца-аналога – сравнительный анализ при помощи таксономической квалиметрии с применением теории неопределенности. Для сопоставления объектов были применены следующие процедуры: формирование матрицы наблюдений, проведение стандартизации и дифференциации признаков матрицы наблюдений; определение эталона и показателя уровня развития для каждого типа гидрораспределителя. В результате был определен показатель уровня развития оцениваемого объекта, а также выбран образец-аналог для дальнейшего проведения оценки. На основе анализа методов определения базового образца разработана «Методика расчета по выбору базового образца при оценке уровня качества машиностроительной продукции с применением теории неопределенности», предназначенная для конструкторов, работающих в области проектирования и конструирования машиностроительной продукции.

**Ключевые слова:** таксономическая квалиметрия, теория неопределенности, гидрораспределитель, оценка качества, образец-аналог

## TAXONOMICAL QUALIMETRY APPLICATION AND ELEMENTS OF THE THEORY OF UNCERTAINTY AT ESTABLISHMENT OF THE BASIC SAMPLE

**Zhetesova G.S., Zhunusova A.S., Gritsova N.A.**

*Republican State Enterprise «Karaganda state technical university»,  
Karaganda, e-mail: nadezhda-1585315@mail.ru*

In article the problem of a choice of a basic sample is considered when carrying out an assessment of a level of quality of machine-building production. As a result of the carried-out analysis the method of definition of a sample – analogue – the comparative analysis by means of a taxonomical qualimetry with application of the theory of uncertainty was defined. The following procedures were applied to comparison of objects: formation of a matrix of supervision, carrying out standardization and differentiation of signs of a matrix of supervision; definition of a standard and indicator of a level of development for each type of the hydrodistributor. The indicator of a level of development of estimated object was as a result defined, and also the sample – analogue for further carrying out an assessment is chosen. On the basis of the analysis of methods of definition of a basic sample the «Design procedure at the choice of a basic sample at an control of a level of quality of machine-building production with application of the theory of uncertainty» intended for designers, working in the field of design and designing of machine-building production is developed.

**Keywords:** taxonomical qualimetry, uncertainty theory, hydraulic distributor, quality control, sample – analogue

Статья посвящена определению базового образца для оцениваемого объекта с применением таксономической квалиметрии и теории неопределенности [1, 2].

В качестве объекта анализа был выбран гидрораспределитель механизированной крепи типа М 130.07.110, изготавливаемый на базе ТОО «МашЗавод № 1» (рисунок).

Определена цель исследования: установить базовый образец для оцениваемого объекта.

Сформулированы задачи исследования: сформировать матрицу наблюдений, произвести стандартизацию признаков; произвести дифференциацию признаков матрицы наблюдений; выполнить процедуры сравнительного анализа при помощи таксономической квалиметрии; определить эталон развития для каждого типа гидрораспределителя; рассчитать показатель уровня развития  $d_i$  каждого гидрораспределителя.

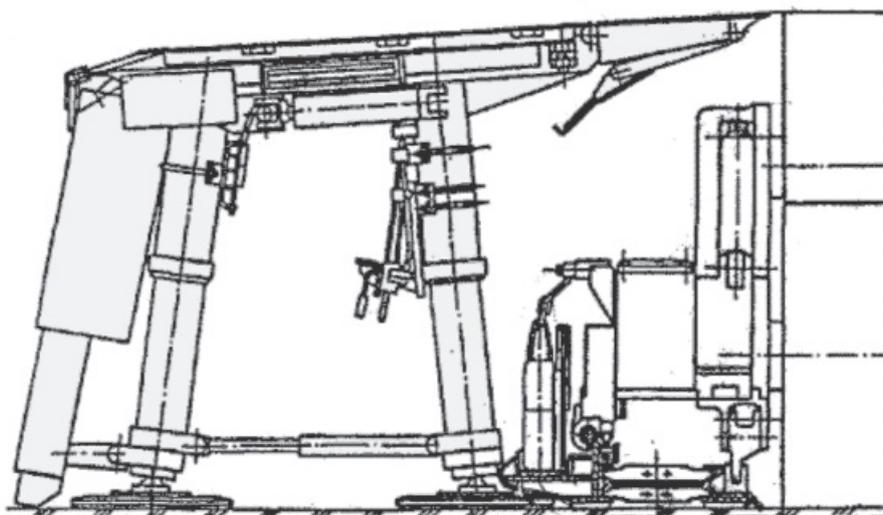
Для сопоставления объектов, характеризующихся большим числом признаков, чаще всего применяются таксономические процедуры. Одним из первых методов исследования многомерных объектов был предложенный З. Хэльвингом таксономический показатель уровня развития. Этот показатель представляет собой синтетическую величину, «равнодействующую» всех признаков, характеризующих единицы исследуемой совокупности, что позволяет с его помощью линейно упорядочить элементы данной совокупности [3, 4]. Процесс построения таксономического показателя уровня развития начинается с определения элементов матрицы наблюдений  $X$ . Допустим, у нас имеется множество из  $\omega$  элементов, описываемых  $n$  признаками; тогда каждую единицу можно интерпретировать как точку  $n$ -мерного пространства с координатами, равными значениям  $n$  признаков для

рассматриваемой единицы. Тогда матрица наблюдений имеет вид:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{\omega 1} & x_{\omega 2} & \dots & x_{\omega k} & \dots & x_{\omega n} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $\omega$  – число единиц;  $n$  – число признаков;  $x_{ik}$  – значение признака  $k$  для единицы  $i$ .

В данном исследовании матрица содержит численные значения определяющих единичных показателей оцениваемого гидрораспределителя типа М 130.07.110 и четырех образцов-аналогов. Значения показателей качества оцениваемого изделия и четырех образцов-аналогов приведены в табл. 1 [5].



Общий вид механизированной крепи типа М 130

Таблица 1

Значения показателей качества оцениваемого изделия и образцов-аналогов

Показатели качества	Типы гидрораспределителей соответствующих крепей				
	М130	ОКП70	2УКП	«Пиома»	«Глинник»
Условный проход, мм	12	8	10	12	16
Давление на входе номинальное, МПа	32	32	33	30	35
Давление на входе максимальное, МПа	48	40	40	48	45
Расход рабочей жидкости, л/мин	120	100	120	120	130
Усилие на рукоятке управления, кг	10	10	12	12	15

Признаки, включенные в матрицу наблюдений, неоднородны, поскольку описывают разные свойства объектов. Кроме того, различаются их единицы измерения, что еще более затрудняет выполнение некоторых арифметических действий, необходимых в отдельных процедурах. Поэтому надлежит выполнить предварительное преобразование, которое заключается в стандартизации признаков. Это преобразование производится в соответствии с формулой:

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k}, \quad (2)$$

причем:

$$\bar{x}_k = \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^{\omega} x_{ik}; \quad (3)$$

$$s_k = \left[ \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^{\omega} (x_{ik} - \bar{x}_k)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где  $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $x_{ik}$  – значение признака  $k$  для единицы  $i$ ;  $\bar{x}_k$  – среднее арифметическое значение признака  $k$ ;  $s_k$  – стандартное отклонение признака  $k$ ;  $z_{ik}$  – стандартизованное значение признака  $k$  для единицы  $i$ .

Следующий шаг в рассматриваемой процедуре заключается в дифференциации признаков матрицы наблюдений. Все переменные делятся на стимуляторы и дестимуляторы. Основанием разделения признаков на две группы служит характер влияния каждого из них на уровень развития изучаемых объектов. Признаки, оказывающие положительное, стимулирующее влияние на уровень развития объектов, называются стимуляторами, в отличие от признаков, которые оказывают тормозящее влияние и поэтому называются дестимуляторами. Разделение признаков на стимуляторы и дестимуляторы служит основой для построения так называемого эталона развития, который представляет собой точку  $P_0$  с координатами  $z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n}$  и определяется следующим образом:

$$z_{0s} = \max z_{rs}, \text{ если } s \in I, \quad (5)$$

$$z_{0s} = \min z_{rs}, \text{ если } s \in I (s = 1, \dots, n), \quad (6)$$

где  $I$  – множество стимуляторов;  $z_{rs}$  – стандартизованное значение признака  $s$  для единицы  $r$ .

Расстояние между отдельными точками-единицами и точкой  $P_0$ , представляющей эталон развития, обозначается  $c_{i0}$  и рассчитывается следующим образом:

$$c_{i0} = \left[ \sum_{s=1}^n (z_{is} - z_{0s})^2 \right]^{1/2}, \quad (i = 1, \dots, \omega). \quad (7)$$

Полученные расстояния служат исходными величинами, используемыми при расчете показателя уровня развития, рассчитываемого по формуле:

$$d_i = \frac{c_{i0}}{c_0}, \quad (8)$$

где

$$c_0 = \bar{c}_0 + 2S_0; \quad (9)$$

$$\bar{c}_0 = \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^{\omega} c_{i0}; \quad (10)$$

$$S_0 = \left[ \frac{1}{\omega} \sum_{i=1}^{\omega} (c_{i0} - \bar{c}_0)^2 \right]^{1/2}. \quad (11)$$

Сформируем по данным таблицы матрицу наблюдений (1), в столбцах которой расположены одноименные показатели, в строках – все определяющие единичные показатели одного из образцов-аналогов:

$$X = \begin{vmatrix} 12 & 32 & 48 & 120 & 10 \\ 8 & 32 & 40 & 100 & 10 \\ 10 & 33 & 45 & 120 & 12 \\ 12 & 30 & 48 & 120 & 12 \\ 16 & 35 & 45 & 130 & 15 \end{vmatrix}.$$

Признаки, включенные в матрицу наблюдений, неоднородны, поскольку описывают разные свойства гидрораспределителей. Поэтому необходимо произвести стандартизацию признаков в соответствии с формулой (2). Для начала определим среднее арифметическое значение  $\bar{x}_k$  признака  $k$  согласно выражению (3). Далее вычислим стандартное отклонение  $s_k$  (стандартная неопределенность типа  $A$ ) признака  $k$  по формуле (4), произведем стандартизацию каждого признака в отдельности в соответствии с формулой (2). Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты вычислений

№ п/п	Наименование одноименного показателя	Среднее арифметическое значение $\bar{x}_k$ признака $k$	Стандартное отклонение, $s_k$	Стандартизованное значение каждого признака, $z_{ik}$
1	Условный проход, мм	$\bar{x}_1 = 11,4$	$S_1 = 2,33$	$Z_{11} = 0,26; Z_{21} = -1,46; Z_{31} = 0,60;$ $Z_{41} = 0,26; Z_{51} = 1,55;$
2	Давление на входе номинальное, МПа	$\bar{x}_2 = 32,4$	$S_2 = 1,62$	$Z_{12} = -0,25; Z_{22} = -0,25;$ $Z_{32} = 0,37; Z_{42} = -1,48; Z_{52} = 1,6;$
3	Давление на входе максимальное, МПа	$\bar{x}_3 = 45,2$	$S_3 = 2,93$	$Z_{13} = 0,96; Z_{23} = -1,77; Z_{33} = -0,07;$ $Z_{43} = 0,96; Z_{53} = -0,07;$
4	Расход рабочей жидкости, л/мин	$\bar{x}_4 = 118$	$S_4 = 9,8$	$Z_{14} = 0,2; Z_{24} = -1,84; Z_{34} = 0,2;$ $Z_{44} = 0,2; Z_{54} = 1,22;$
5	Усилие на рукоятке управления, кг	$\bar{x}_5 = 11,8$	$S_5 = 1,83$	$Z_{15} = -0,98; Z_{25} = -0,98; Z_{35} = 0,11;$ $Z_{45} = 0,11; Z_{55} = 1,75;$

По полученным численным значениям стандартизованных признаков получим матрицу вида:

$$X = \begin{vmatrix} 0,26 & -0,25 & 0,96 & 0,2 & -0,98 \\ -1,46 & -0,25 & -1,77 & -1,84 & -0,98 \\ -0,60 & 0,37 & -0,07 & 0,2 & 0,11 \\ 0,26 & -1,48 & 0,96 & 0,2 & 0,11 \\ 1,55 & 1,6 & -0,07 & 1,22 & 1,75 \end{vmatrix}.$$

Следующий шаг заключается в дифференциации признаков матрицы наблюдений – разделение их на стимуляторы и дестимуляторы. По данным таблицы 1 к стимуляторам можно отнести следующие показатели: условный проход, давление на входе максимальное и минимальное; к дестимуляторам – расход рабочей жидкости, усилие на рукоятке управления.

Согласно формулам (5), (6) получаем:

$$z_{01} = \max z_{51} = 1,56; \quad z_{02} = \max z_{52} = 1,6;$$

$$z_{03} = \max z_{13} = 0,96;$$

$$z_{04} = \min z_{24} = -1,84;$$

$$z_{05} = \min z_{15} = -0,98.$$

Основанием выбора конкретных численных значений из матрицы служит разделение признаков на стимуляторы и дестимуляторы (выбор максимального/минимального стандартизованного значения одноименного признака по столбцам в зависимости от принадлежности/непринадлежности ко множеству стимуляторов  $L$ ).

Теперь приступим к расчету показателя уровня развития  $d_i$  каждого гидрораспределителя в отдельности, согласно (8). Для этого определим эталон развития для каждого типа гидрораспределителя, используя формулу (7), а также обобщенный эталон развития  $c_0$ , с учетом каждого эталона в отдельности согласно (9). Результаты вычислений для определения показателя уровня развития приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты вычислений для определения показателя уровня

№ п/п	Тип гидрораспределителя	Эталон развития $c_{i0}$	Обобщенный эталон развития $c_0$	Показатель уровня развития $d_i$
1	M130	$C_{10} = 3,05$	4,89	$d_1 = 0,62$
2	ОКП70	$C_{20} = 4,46$		$d_2 = 0,91$
3	2УКП	$C_{30} = 3,55$		$d_3 = 0,73$
4	«Пиома»	$C_{40} = 4,07$		$d_4 = 0,83$
5	«Глинник»	$C_{50} = 4,23$		$d_5 = 0,87$

Интерпретация показателя уровня развития  $d_i$  следующая: данная единица находится на тем более высоком уровне развития, чем ближе значение показателя уровня развития к нулю.

Численное значение показателя уровня развития рассматриваемого гидрораспределителя при вычислении оказалось равным 0,62, которое наиболее приближено к нулю по сравнению с аналогами.

По результатам полученных значений сформулированы выводы:

– оцениваемый гидрораспределитель типа M 130.07.110 находится на более высоком уровне развития по совокупности всех определяющих его признаков в сравнении с имеющимися аналогами;

– в качестве образца-аналога при проведении оценки качества необходимо использовать гидрораспределитель типа 2 УКП.

**Список литературы**

1. Варжапетян А.Г. Квалиметрия: учебное пособие. – М.: СПбГУАП, 2005. – 176 с.  
 2. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях: учебное пособие. – М.: Консум, 2002. – 256 с.  
 3. Плют В.С. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях: методы таксономии и фак-

торного анализа: научн. ред. В.М. Жуковский. – М.: Статистика, 1980. – 151 с.

4. Солод Г.И., Радкевич Я.М. Управление качеством горных машин. – М.: МГИ, 1985. – 92 с.

5. ТУ 3510РК-00174177ОАО-26-2004 Гидрораспределители механизированной крепи.

**References**

1. Varzhapetyan A.G., *Kvalimetriya* [Qualimetry]: S t u d y letter. Moscow, SPbGUAP, 2005. 176 p.

2. Zakharov I.P., Kukush V.D. *Teoriya neopredelenosti v izmereniyah* [The uncertainty theory in measurements]: Study letter. Moscow, Konsum, 2002. 256 p.

3. Plyuta V.S., *Sravnitelnyi mnogomernyi analiz v ekonomicheskikh issledovaniyakh: metody taksonomii i faktornogo analiza: nauchn.red. Zhukovsky V.M.* [The comparative multidimensional analysis in economic researches: methods of taxonomy and factorial analysis: scientific editor Zhukovsky V.M.]. Moscow, Statistika, 1980. 151 p.

4. Solod G.I., Radkevich Ya.M. *Upravlenie kachestvom gornyh mashin* [Quality management of mountain cars]. Moscow, MGI, 1985. 92 p.

5. TU 3510RK-00174177OAO-26-2004 Hydrodistributors mechanical support.

**Рецензенты:**

Туменов С.Н., д.т.н., профессор, проректор по науке и инновационным технологиям Алмагинского технологического университета, г. Алматы;

Кенжин Б.М., д.т.н., профессор, директор ТОО «Карагандинский машиностроительный консорциум», г. Караганда.

Работа поступила в редакцию 06.03.2014.