

УДК 658.511

Р. Л. Фоминых, кандидат технических наук, доцент;
А. Д. Крутихин, кандидат технических наук, доцент;
П. В. Тишков, старший преподаватель;

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова, Воткинский филиал
Н. С. Сулоев, аспирант;

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

М. В. Ельцов, главный специалист
 ЗАО «Ижевский нефтяной научный центр»

АНАЛОГОВЫЙ МЕТОД СНИЖЕНИЯ ЦЕНЫ НА ТОВАРЫ, СВЯЗАННЫЕ С СЕРИЙНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ПОСТАВЛЯЕМЫЕ ПО ГОСУДАРСТВЕННОМУ ОБОРОННОМУ ЗАКАЗУ

Представлена методика снижения цены на товары, связанные с серийным производством военной и специальной техники, поставляемые по государственному оборонному заказу. Метод заключается в построении на основе технических характеристик изучаемого объекта ее квалитметрической модели и последующей ее обработки методом многомерного шкалирования и искусственных нейронных сетей. Результатом проведения исследований является методика снижения стоимости изделия без снижения уровня удовлетворения потребительских свойств.

Ключевые слова: цена, производство военной продукции, квалитметрическая модель, государственный оборонный заказ, нейронные сети, организационно-технический уровень, гражданская продукция, эффективность производства, восстановление недостающих данных

В целях реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2013 г. № 1119 «Об утверждении Положения о государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу» [1] учеными Воткинского филиала ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» предложена методика снижения цены на товары, связанные с серийным производством военной и специальной техники, поставляемые по государственному оборонному заказу. Разработанный метод ограничивается формированием цены на товары только в случае наличия аналога товара.

В статье реализация метода представлена на примере исследования продукции предприятий нефтегазового комплекса «Задвижки дисковой ЗД 65х21» (далее – изделие). Представленный метод заключается в построении на основе технических характеристик изделия его квалитметрической модели и последующей ее обработки методом многомерного шкалирования. Результатом проведения исследований является математическая модель снижения стоимости изделия без снижения уровня удовлетворения потребительских свойств.

На первом этапе исследования происходит отбор факторов технического уровня изделия, оказывающих наибольшее влияние на ценообразование. Первоначальный список факторов технического уровня, оказывающих влияние на ценообразование, формируется исходя из исследования технической документации (техпаспорт) изделия. Результатом данного этапа является табл. 1.

Табл. 1 получена в результате анализа технических характеристик изделия и его аналогов других производителей. Она преобразована в качественную форму, которая удобна для анализа и обработки данных. Для этого используем шкалу Харрингтона [2]. С помощью шкалы Харрингтона можно привести

векторные оценки с различной размерностью к безразмерному виду. Шкала для формализации эвристической информации представлена в табл. 2.

Таблица 1. Факторы технического уровня изделия, оказывающие наибольшее влияние на цену

Наименование организации	Факторы технического уровня								
	Функциональные параметры			Температурная эксплуатация	Срок службы				
	Усилие на рукоятке, по ГОСТ 21752, кгс				Назначенный ресурс (циклов)	Ресурс до списания (циклов)	Срок до капитального ремонта (лет)	Гарантийный срок (мес.)	
	При вращении, не более 25	При сгибании, не более 45	Усилие на рукоятке, максимально допустимое, кг						
ПС1	9	26	120	-60	45	1 500	2 000	5	36
ПС2	16	46	30	-60	45	600	1 800	5	18
ПС3	16	46	35	-60	45	600	1 500	5	12
ПС4	25	45	90	-60	45	800	1 800	9	12
ПС5	12	30	90	-60	45	600	1 600	5	18
ПС6	16	46	80	-60	45	800	1 800	5	24
ПС7	16	46	50	-60	45	600	1 500	6	12
ПС8	12	40	60	-60	45	850	1 600	6	18
ПС9	16	45	90	-60	82	1 000	2 000	9	24

Шкала Харрингтона имеет аналитическое описание в виде функции важности:

$$y = \exp[-\exp(-x)], 0 \leq y \leq 1,$$

где x – исследуемая величина [2].

Таблица 2. Эмпирические и числовые соответствия шкалы предпочтений

Лингвистические оценки	Балльные оценки	Шкала Е. Харрингтона
Отлично	5	0,8–1
Хорошо	4	0,63–0,8
Удовлетворительно	3	0,37–0,63
Плохо	2	0,2–0,37
Очень плохо	1	0–0,2

Результатом преобразования эвристических данных технических характеристик изделия является таблица массива квалиметрических данных (табл. 3). Расчет произведен посредством разработанного автоматизированного модуля в среде MS Excel.

Также в результате исследования получены данные о ценах изделия по каждому исследуемому предприятию. Цены представлены в табл. 4 (действительны на 01.02.2014 г.).

Попытка выявить зависимость между квалиметрическими показателями изделия (табл. 3) и ценой (табл. 4) у разных производителей показала отрицательный результат. Данное исследование проводилось в среде STATISTICA Base. Полученные итоги моделей нейронных сетей представлены в табл. 5. Описательная статистика моделей представлена в табл. 6.

Таблица 3. Массив квалиметрических данных изделия

Наименование организации	Факторы технического уровня								
	Функциональные параметры						Срок службы		
	Усилие на рукоятке, по ГОСТ 21752, кгс			Температурная эксплуатация					
	При вращении, не более 25	При сгибании, не более 45	Усилие на рукоятке, максимально допустимое, кгМ				Назначенный ресурс (циклов)	Ресурс до списания (циклов)	Срок до капитального ремонта (лет)
ПС1	5	5	5	1	1	5	5	1	5
ПС2	3	1	1	1	1	1	4	1	2
ПС3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
ПС4	1	1	4	1	1	2	4	5	1
ПС5	5	4	4	1	1	1	2	1	2
ПС6	3	1	3	1	1	2	4	1	3
ПС7	3	1	2	1	1	1	1	2	1
ПС8	5	2	2	1	1	2	2	2	2
ПС9	3	1	4	1	5	3	5	5	3

Таблица 4. Цены на изделия (действительны на 01.02.2014 г.)

Наименование организации	ПС1	ПС2	ПС3	ПС4	ПС5	ПС6	ПС7	ПС8	ПС9
Цена изделия (с учетом НДС)	26 100,00	26 100,00	26 100,00	26 100,00	26 100,00	26 100,00	26 100,00	26 100,00	26 100,00

Таблица 5. Итоги моделей нейронных сетей

Архитектура сети	Линейная 8:8-1:1	МП 5:5-4-1:1	МП 8:8-6-1:1	РБФ 6:6-1-1:1	РБФ 6:6-1-1:1
Производительность обучения	0,000000	0,420832	0,386700	0,944071	0,994684
Контр. производительность	1,059453	0,901507	0,534137	1,396197	1,019816
Тест. производительность	0,18758	1,03232	15,29355	1,65760	1,03289
Ошибка обучения	0,000000	0,247237	0,425649	0,000454	0,000479
Контрольная ошибка	1,054521	0,860973	0,772587	0,001594	0,001268
Тестовая ошибка	1,259903	1,055979	2,073973	0,001644	0,001611
Обучение/элементы	ПО	ОР100, СГ20, СГ0b	ОР100, СГ2с, СГ0b	КС, КБ, ПО	КС, КБ, ПО
Входы	8	5	8	6	6
Скрытые (1)	0	4	6	1	1

Таблица 6. Описательная статистика моделей

Архитектура сети	Линейная 8:8-1:1	МП 5:5-4-1:1	МП 8:8-6-1:1	РБФ 6:6-1-1:1	РБФ 6:6-1-1:1
Среднее данных	22 385,33	22 385,33	22 385,33	22 385,33	22 385,33
Ст. отк. данные	3 134,60	3 134,60	3 134,60	3 134,60	3 134,60
Среднее ошибки	1 846,34	976,19	1 237,81	1 389,45	1 642,89
Ст. отк. ошибки	3 046,98	2 914,56	4 861,10	3 649,59	3 154,90
Среднее абсолютной ошибки	2 209,75	2 358,30	3 292,84	3 187,07	2 795,78
Отнош. ст. откл.	0,97	0,93	1,55	1,16	1,01
Корреляция	0,27	0,37	0,07	-0,40	-0,40

В соответствии с выдвинутой гипотезой о наличии в выборке предприятий и/или квалиметрических показателей, неоднозначно формирующих цены на изделие, произведены исследования «важности» в формировании цен отдельных производственных систем и квалиметрических показателей.

Обработка квалиметрических данных изделия и его аналогов производится методом многомерного

шкалирования [3]. Выбор данного метода оценивания обоснован точностью и простотой исчисления. Оценивание сводится к сопоставлению не каждого объекта точки пространства E_r , а ко всей системе, состоящей из n объектов, n точек в E_r так, чтобы расстояния в E_r между точками были достаточно близки к указанным квалиметрическим данным.

Следовательно, решением задачи оценивания в этом случае является вектор длины nT .

Расчет нормированной относительной важности технических характеристик изделия произведен посредством разработанного автоматизированного модуля в среде MS Excel.

Результатом расчетов являются значения нормированной относительной важности производственных систем (рис. 1) и нормированной относительной важности технических характеристик с учетом нормированной относительной важности производственных систем (рис. 2).

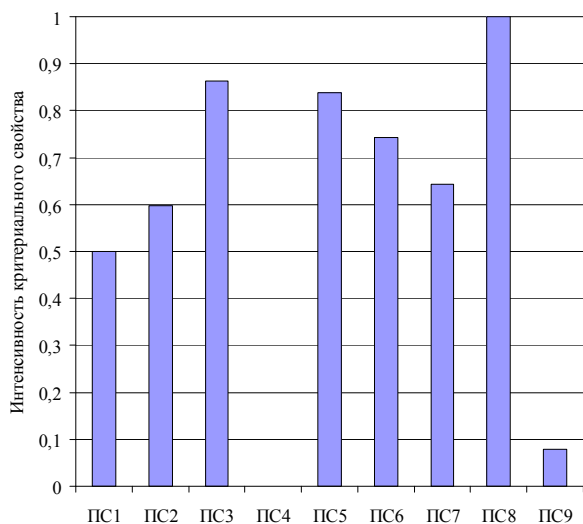


Рис. 1. Нормированная относительная важность производственных систем

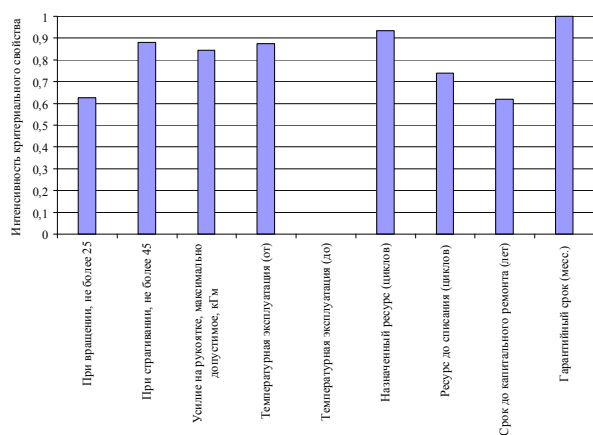


Рис. 2. Нормированная относительная важность технических характеристик с учетом нормированной относительной важности производственных систем

С учетом полученных значений нормированной относительной важности производственных систем (рис. 1) и нормированной относительной важности технических характеристик (рис. 2), создан «исправленный» массив квалиметрических данных изделия, представленный в табл. 7.

Таблица 7. «Исправленный» массив квалиметрических данных изделия

Наименование организации	Факторы технического уровня								
	Функциональные параметры			Температурная эксплуатация	Срок службы				
	Усилие на рукоятке, по ГОСТ 21752, кгс								
	При вращении, не более 25	При срабатывании, не более 45	Усилие на рукоятке, максимально допустимое, кг*м	Назначенный ресурс (циклов)	Ресурс до списания (циклов)	Срок до капитального ремонта (лет)	Гарантийный срок (мес.)		
ПС1	0,060587	0,036837	0,03816	0,011285	0,063405	0,037562	0,03706	0,064742	0,034247
ПС2	0,06171	0,012507	0,012956	0,011494	0,051664	0,012753	0,012582	0,026377	0,011627
ПС3	0,061555	0,012475	0,012923	0,04586	0,051534	0,038162	0,025101	0,026311	0,046392
ПС4	0,012337	0,012501	0,01295	0,011489	0,01291	0,012747	0,012577	0,013183	0,011622
ПС5	0,011567	0,011721	0,012142	0,010772	0,012105	0,011952	0,011792	0,01236	0,054485
ПС6	0,061945	0,012554	0,013005	0,023076	0,012965	0,025603	0,01263	0,026477	0,035015
ПС7	0,061085	0,049519	0,012825	0,045511	0,02557	0,050494	0,012455	0,02611	0,057548
ПС8	0,012111	0,012273	0,012714	0,056397	0,012675	0,012514	0,024694	0,025884	0,057051
ПС9	0,062236	0,025226	0,013066	0,011592	0,026052	0,038584	0,012689	0,026602	0,035179

Попытка выявить зависимость между «исправленными» квалиметрическими показателями изделия (табл. 7) и ценой (табл. 4) у разных производителей показала положительный результат. Поиск зависимостей производился также в среде STATISTICA Base. Полученные итоги моделей «исправленных» нейронных сетей представлены в табл. 8. Описательная статистика «исправленных» моделей представлена в табл. 9.

После сравнения наиболее точных моделей нейронных сетей, полученных до «исправления» и после, средние ошибки уменьшились в 20 раз, стандартное отклонение ошибки уменьшилось в 1,5 раза, средние абсолютные ошибки уменьшились в 2 раза, а корреляция по шкале Чеддока из «слабой» перешла в состояние «высокой» (табл. 10).

Таблица 8. Итоги моделей «исправленных» нейронных сетей

Архитектура сети	Линейная 8:8-1:1	Линейная 7:7-1:1	МП 5:5-3-1:1	РБФ 5:5-1-1:1	РБФ 5:5-1-1:1
Производительность обучения	0,000000	0,000000	0,145639	0,538873	0,634482
Контр. производительности	0,113411	0,038648	0,170615	1,587744	1,354054
Тест. производительность	1,179069	1,389004	2,088269	1,234443	1,141227
Ошибка обучения	0,000000	0,000000	0,054683	0,000144	0,000218
Контрольная ошибка	0,265562	0,253995	0,088020	0,000716	0,000484
Тестовая ошибка	0,487444	0,484621	0,670735	0,000322	0,000260
Обучение/элементы	ПО	ПО	ОП100, СГ20, СГ2b	КС, КБ, ПО	КС, КБ, ПО
Входы	8	7	5	5	5
Скрытые (1)	0	0	3	1	1

Таблица 9. Описательная статистика «исправленных» моделей

Архитектура сети	Линейная 8:8-1:1	Линейная 7:7-1:1	МП 5:5-3-1:1	РБФ 5:5-1-1:1	РБФ 5:5-1-1:1
Среднее данных	22 385,33	22 385,33	22 385,33	22 385,33	22 385,33
Ст. отк. данных	3 134,60	3 134,60	3 134,60	3 134,60	3 134,60
Среднее ошибки	-88,86	100,11	200,13	1 622,44	-335,12
Ст. отк. ошибки	2 091,49	2 060,99	2 564,14	4 005,78	3 411,34
Среднее абсолютной ошибки	1 131,12	1 237,55	1 512,95	2 852,18	2 887,42
Отнош. ст. откл.	0,67	0,66	0,82	1,28	1,09
Корреляция	0,80	0,79	0,64	0,10	0,10

Таблица 10. Описательная статистика модели нейронных сетей, полученных до «исправления» и после

	Наиболее точная модель нейронной сети до исправления	Наиболее точная «исправленная» модель нейронной сети
Архитектура сети	Линейная 8:8-1:1	Линейная 8:8-1:1
Среднее данных	22 385,33	22 385,33
Ст. отк. данных	3 134,60	3 134,60
Среднее ошибки	1 846,34	-88,86
Ст. отк. ошибки	3 046,98	2 091,49
Среднее абсолютной ошибки	2 209,75	1 131,12
Отнош. ст. откл.	0,97	0,67
Корреляция	0,27	0,80

Полученные результаты подтверждают гипотезу о наличии в выборке предприятий и/или квалиметрических показателей, неоднозначно формирующих цены на изделие. Менее значимыми предприятиями, производящими изделие, являются ПС4 и ПС9 (рис. 1). Наименее значимым квалиметрическим показателем является температурная эксплуатация

(до), а наиболее значимыми в формировании цены на изделие являются квалиметрические показатели гарантийного срока (мес.), назначенного ресурса (циклов) и показатели усилия на рукоятке при страгивании.

Следовательно, имея в наличии «исправленные» модели формирования цены на изделие, учитывающие рассчитанную значимость влияния на цену производителей и отдельных квалиметрических показателей, можно решить обратную задачу и определить возможные снижения значений квалиметрических показателей, не снижая при этом уровень удовлетворения потребительских свойств. Сопутствующим действием данного процесса будет являться снижение цены на изделие. Данное моделирование произведено для изделия, производимого предприятием ПС1. Полученные расчетные значения снижения цены без снижения уровня удовлетворения потребительских свойств представлены в табл. 11. В этом примере снижение цены без снижения уровня удовлетворения потребительских свойств составило 4 450 руб. Несомненно, что такое изменение цены без снижения уровня удовлетворения потребительских свойств будет важным конкурентным преимуществом для предприятия ПС1, выступающего со своим товаром на торговых площадках и конкурсах на государственный заказ.

Таблица 11. Результаты изменения цены изделия для предприятия ПС1 без снижения уровня удовлетворения потребительских свойств

ПС1			До исследования		После исследования		
			Квалиметрические данные	Числовые характеристики	Квалиметрические данные	Числовые характеристики	
Факторы технического уровня	Усилие на рукоятке, по ГОСТ 21752, кгс	При вращении, не более 25	5	9	3	16	
		При срагивании, не более 45	5	26	4	46	
	Усилие на рукоятке, максимально допустимое, кГм		5	120	4	35	
	Температурная эксплуатация (от)		1	-60	1	-60	
	Температурная эксплуатация (до)		1	45	1	45	
	Срок службы	Назначенный ресурс (циклов)		5	1 500	5	1 500
		Ресурс до списания (циклов)		5	2 000	4	1 800
		Срок до капитального ремонта (лет)		1	5	1	5
		Гарантийный срок (мес.)		5	36	5	36
	Цена изделия (руб.) с учетом НДС			26 100		21 650	

Библиографические ссылки

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2013 г. № 1119 «Об утверждении Положения о государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу». – URL: <http://www.rg.ru/2013/12/06/regulirovka-site-dok.html> (дата обращения: 22.04.2014).

2. *Фоминых Р. Л.* Разработка автоматизированной подсистемы определения конструктивно-технологической

сложности, трудоемкости изготовления деталей и организационно-технического уровня многономенклатурного производства : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 : Ижевск, 2003. 135 с.

3. Интеллектуальная информационная поддержка принятия решений при производстве продукции машиностроительными предприятиями / В. Н. Жеребцов и др. // Интеллектуал. системы в пр-ве. – 2006. – № 1. – С. 158–172.

* * *

R. L. Fominykh, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Votkinsk branch
A. D. Krutikhin, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Votkinsk branch
P. V. Tishkov, Senior Lecturer, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Votkinsk branch
N. S. Suloev, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
M. V. Yeltsov, Chief specialist, JSC "Izhevsk Oil Research Center"

Analogue methods of reducing the price of goods related to serial production of military and special equipment supplied within the state defense order

The paper presents a methodology for reducing the prices of goods associated with serial production of military and special equipment supplied within the state defense order. The method consists in the development of a qualimetric model based on the specifications of the studied object and in the model subsequent processing by multidimensional scaling technique and artificial neural networks. The result of the research is the method of reducing the cost of product without reducing the level of satisfaction of consumer properties.

Keywords: price, military equipment production, qualimetric model, state defense order, neural networks, organizational and technical level, civil products, efficiency, recovery of missing data samples

Получено: 16.04.14