

**Машиностроение и машиноведение**

УДК 658.562

DOI: 10.30987/article\_5c4ed0208e0f88.10904907

В.Б. Протасьев, Е.В. Плахотникова, В.В. Истоцкий

**ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ПО КРИТЕРИЮ «СИГНАЛ/ШУМ»  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ БОРФРЕЗ**

Приведен пример реализации методики оценки состояния производственных систем по критерию «сигнал/шум». Выявлены причины сни-

жения конкурентоспособности отечественной продукции.

**Ключевые слова:** *T*-критерий, сигнал/шум, точность, качество, твердосплавные борфрезы.

V.B. Protasiev, E.V. Plakhotnikova, V.V. Istotsky

**EXAMPLE OF ASSESSMENT PROCEDURE REALIZATION OF PRODUCTION  
SYSTEMS ON “SIGNAL-NOISE” CRITERION AT MANUFACTURING  
HARD-ALLOY BORON-MILLERS**

The paper reports the example of the procedure realization of a production system state assessment on the “signal-noise” criterion at the comparative analysis of products of companies manufacturing hard-alloy boron-millers. The “signal-noise” criterion takes into account a possibility of production according to quality of produce output characteristics and accuracy of production processes which in aggregate allows carrying out the assessment of produce (processes) quality and company systems on the whole with sufficient objectivity. The analysis on the “signal-noise” criterion (*T*-criterion) allows defining efficient methods to reduce output characteristics sensitivity to the parameter variation of the process and increasing system quality by means of a criterion increase.

The essence of the method consists in finding a ratio between two characteristics – signal (*S*) and noise (*N*) the computation of which is carried out taking into account defectiveness and weight significance of parameters characterizing a subject of the analysis (quality of produce or a process) reasoning from a maximum and minimum values for the production under analysis.

In the edition offered the procedure may be used for the solution of problems of the product competitive ability analysis, the assessment of investment distribution effectiveness and the argumentation of decision-makings at early stages of product life.

**Key words:** *T*-критерий, сигнал/шум, точность, качество, hard-alloy boron-millers.

**Введение**

Во всем мире значительные успехи в области качества продукции достигаются при использовании метода Г. Тагути, заключающегося в измерении критерия «сигнал/шум» [1].

Критерий «сигнал/шум» с достаточной объективностью характеризует состояние производственной системы [2]: сигнал (*C*) определяет возможности производства по качеству выходной характеристики продукции; шум (*Ш*) характеризует точность производственных процессов, от которой зависят потери производителя и потребителя [3].

Разброс выходных характеристик может быть следствием различных факто-

ров (производственные неполадки, низкая квалификация рабочих, внешние условия и т.д.). Исследования источников вариации и их контроль позволяют повысить качество процессов, продукции и систем в целом, но в большинстве случаев влекут за собой значительные затраты.

Улучшить качество фактически без дополнительных издержек позволяют исследования функциональных связей между входными и выходными параметрами, чем, по сути, является соотношение «сигнал/шум» [1].

Анализ по критерию «сигнал/шум» (*T*-критерий) позволяет получить адекватную оценку производственных систем,

определить эффективные методы уменьшения чувствительности выходных характеристик к вариации параметров процесса

### Методика оценки

В общем случае величину  $T$ -критерия для процесса (продукта) можно определить по формуле [4]

$$T = \frac{C}{\Pi} = \frac{\prod_1^n (1 - g_i)}{\sum_1^n t_i \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\max}}}, \quad (1)$$

где  $n$  – число единичных показателей качества (ЕПК), характеризующих предмет анализа;  $t_i$  – весовые коэффициенты влияющих параметров  $Q_1, \dots, Q_n$ ;  $g_1 \dots g_n$  – доли дефектности этих же параметров;  $Q_{\max}$  – максимальное значение единичного показателя качества для анализируемого производства;  $Q_{\min}$  – минимальное значение единичного показателя качества.

$$C = \left[1 - \frac{t_i(\bar{Q}_l - \bar{Q}_n)}{\bar{Q}_l}\right]_1 \left[1 - \frac{t_i(\bar{Q}_l - \bar{Q}_n)}{\bar{Q}_l}\right]_2 \dots \left[1 - \frac{t_i(\bar{Q}_l - \bar{Q}_n)}{\bar{Q}_l}\right]_n = \prod_1^n \left[1 - \frac{t_i(\bar{Q}_l - \bar{Q}_n)}{\bar{Q}_l}\right]_i. \quad (3)$$

Анализируя зависимость (3), следует сделать вывод, что  $C = 1$ , если продукция лидера и анализируемого производителя равноценна, т.е. для всех значений  $\bar{Q}_l = \bar{Q}_n$ . Если анализируемая продукция хуже, чем продукция лидера, то  $C < 1$ .

### Пример реализации методики

В табл. 1 приведены показатели качества борфрез и их весовые коэффициенты, определенные группой специалистов инструментального производства [5].

Таблица 1  
Весовые коэффициенты показателей качества борфрез

№ п/п	Показатель	$t_i$
1	Период стойкости, мин (Q1)	0,2
2	Допускаемая скорость резания, м/мин (Q2)	0,1
3	Съём металла за период стойкости, г (Q3)	0,25
4	Радиальное биение зубьев, мм (Q4)	0,1
5	Твёрдость зубьев HRA (Q5)	0,2
6	Использование износостойких покрытий (Q6)	0,15
		$\Sigma = 1$

Значения единичных показателей качества для наилучшего предприятия в производстве твердосплавных борфрез (фир-

и, путем увеличения критерия, повысить качество системы.

Доли дефектности  $g_i$  с учётом их значимости (с учетом весовых коэффициентов  $t_i$ ) можно рассчитать как

$$g_i = \frac{t_i(\bar{Q}_l - \bar{Q}_n)}{\bar{Q}_l}, \quad (2)$$

где  $\bar{Q}_l$  – средние значения единичных выходных характеристик у лидера (наилучшего производителя);  $\bar{Q}_n$  – средние значения единичных выходных характеристик у производителя, для которого проводится оценка.

С учетом формулы (2) значение сигнала  $C$  можно найти по формуле

Если анализируемая продукция лучше, чем у фирмы-лидера, то  $C > 1$ .

Для пояснения методики рассмотрим пример её реализации при сравнительном анализе продукции предприятий, выпускающих твердосплавные борфрезы.

В номенклатуре были учтены не только показатели, указанные в технических условиях, но и распространенные потребительские характеристики [6-8].

мы-лидера) и одного из инструментальных заводов (ИЗ) приведены в табл. 2.

Будем считать, что фирма-лидер выпускает идеальную продукцию, т.е. значение сигнала равно единице ( $C = 1$ ).

Произведем расчёт параметра  $C$  для анализируемого инструментального завода по формуле (3). Результаты расчета приведены в табл. 2.

Для расчёта параметра  $C$  использовались средние значения [см. формулу (3)].

Шестой показатель имеет качественную оценку, для его оценивания были приняты следующие значения: «да» соответствует  $\bar{Q}_n = 1$ , «нет» соответствует  $\bar{Q}_n = 0$ .

Таблица 2

Определение параметра «сигнал»

№ п/п ( $Q_i$ )	Лидер	ИЗ	$C = 1 - \frac{(\bar{Q}_l - \bar{Q}_n)}{\bar{Q}_l}$	$C$
1	100...140	110...120	0,976	0,734
2	200...220	190...210	0,955	
3	170	150	0,971	
4	0,02 max	0,03 max	0,966	
5	90...96	88...96	0,998	
6	Да	Нет	0,85	

Анализ полученных результатов (табл. 2) позволяет сделать вывод, что продукция анализируемого инструментального завода по критерию  $C$  на 26 % хуже, чем у фирмы-лидера. Это, по мнению авторов, характеризует низкое качество проектирования.

Далее определим критерий  $III$ . Его необходимо оценивать как для инструментального завода, так и для фирмы-лидера.

Учитывая, что в табл. 2 отсутствуют данные по вариации показателей  $Q_3, Q_4, Q_6$ , так как производители, как правило, их не публикуют, примем значения указанных показателей условно (табл. 3, 4).

Таблица 3

Определение критерия «шум» для фирмы-лидера

$n$	$t_i$	$Q_{maxi}$	$Q_{mini}$	$Ш_i = t \left[ \frac{(Q_{max} - Q_{min})}{Q_{max}} \right]$	$III = \sum_1^6 Ш_i$
1	0,2	140	100	0,057	0,141
2	0,1	220	200	0,009	
3	0,25	170	150	0,029	
4	0,1	0,03	0,02	0,033	
5	0,2	96	90	0,0125	
6	0,15	Да	Да	0	

Таблица 4

Определение критерия «шум» для фирмы-производителя

$n$	$t_i$	$Q_{maxi}$	$Q_{mini}$	$Ш_i = t \left[ \frac{(Q_{max} - Q_{min})}{Q_{max}} \right]$	$III = \sum_1^6 Ш_i$
1	0,2	120	110	0,017	0,264
2	0,1	210	190	0,014	
3	0,25	150	130	0,033	
4	0,1	0,03	0,02	0,033	
5	0,2	96	88	0,017	
6	0,15	-	Нет	0,15	

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что по критерию *Ш* инструментальный завод существенно уступает лидеру.

Далее определим значение критерия «сигнал/шум» (*T*-критерий).

Критерий «сигнал/шум» для фирмы-лидера составляет:

$$T = 1/0,141 = 7,09.$$

Критерий «сигнал/шум» для инструментального завода:

$$T = 0,734/0,264 = 2,894.$$

### Заключение

В предлагаемой редакции *T*-критерий можно использовать [9; 10]:

- в задачах анализа конкурентов при продвижении продукции на рынок на стадии маркетинговых исследований;

По величине *T*-критерия продукция фирмы-производителя уступает лидеру в 2,63 раза.

Подведем общий итог. В проектных работах по параметру «сигнал» оцениваемый инструментальный завод несущественно уступает фирме-лидеру, но по параметру «шум» в производственных процессах состояние положительно оценить нельзя. Это можно объяснить высокой вариабельностью характеристик и их неустойчивостью к внешним воздействиям.

- для аргументации принимаемых решений при распределении инвестиций и кредитов различным предприятиям;

- для оценки эффективности производственной системы в СМК.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы мастера качества. Интервью с Генети Тагути (Genichi Taguchi) - родоначальником направления «Quality Engineering» // Управление качеством. - 2015. - № 7. - С. 35-40.
2. Леон, Р. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути: [пер. с англ.] / Р. Леон. - М.: Сейфи, 2002. - 384 с.
3. Розно, М.И. Пора заняться техпроцессом / М.И. Розно, Л.В. Шинко // Методы менеджмента качества. - 2004. - № 7. - С. 39-44.
4. Протасьев, В.Б. Методика оценки состояния производственных систем по критерию «сигнал/шум» на примере технологических процессов изготовления продукции из прутковых заготовок / В.Б. Протасьев, Е.В. Плахотникова, И.В. Литвинова // Черные металлы. - 2018. - № 6. - С. 20-25.
5. Басовский, Л.Е. Управление качеством: учебник / Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Инфра-М, 2011. - 253 с.
6. Протасьев, В.Б. Робастное проектирование режущо-выглаживающего инструмента: монография / В.Б. Протасьев, М.И. Корнева, Б.И. Сотова. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. - 107 с.

1. Methods of quality master. Interview with Genichi Taguchi – founder of “Quality Engineering” direction // *Quality Control*. – 2015. No.7. – pp. 35-40.
2. Leon, R. *Quality Control. Robust Design. Taguchi's Method*: [transl. from Engl.] / R. Leon. – Safy, 2002. – pp. 384.
3. Rozno, M.I. It is time to deal with engineering process / M.I. Rozno, L.V. Shinko // *Methods of Quality Management*. – 2004. – No.7. – pp. 39-44.
4. Protasiev, V.B. Procedures of assessment of production system state on “signal-noise” criterion by

7. Истоцкий, В.В. Анализ состояния станкоинструментальной промышленности России в период с 2000 по 2015 гг. в разрезе импортозамещения / В.В. Истоцкий, В.Б. Протасьев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2016. - № 2 (316). - С. 92-98.
8. Истоцкий, В.В. Производство борфрез в РФ: исторические, теоретические и технологические аспекты / В.В. Истоцкий, В.Б. Протасьев, А.Е. Виноградов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2017.- № 1. - С. 22-27.
9. Протасьев, В.Б. Модель взаимодействия критериев качества деятельности и показателей качества продукции / В.Б. Протасьев, К.Л. Разумов-Раздолов // Качество. Инновации. Образование. - 2013. - № 7 (98). - С. 42-45.
10. Протасьев, В.Б. Применение робастной оптимизации при планировании улучшений качества деятельности / В.Б. Протасьев, К.Л. Разумов-Раздолов // Качество. Инновации. Образование. - 2013. - № 9 (100). - С. 56-61.

example of engineering processes of rod stock manufacturing / V.B. Protasiev, E.V. Plakhotnikov, I.V. Litvinova // *Ferrous Metals*. – 2018. – No.6. – pp. 20-25.

5. Basovsky, L.E. *Quality Control: textbook* / L.E. Basovsky, V.B. Protasiev. – 2 Edition revised and supplemented. – М.: Инфра-М, 2011. – pp. 253.
6. Protasiev, V.B. *Robust Design of Cutting-Smoothing Tools*: monograph / V.B. Protasiev, M.I. Korneva, B.I. Sotova. – Tula: Tula SU Publishers, 2013. – pp. 107.

7. Istotsky, V.V. Analysis of state of machine-tool industry in Russia from 2000 up to 2015 in import substitution / V.V. Istotsky, V.B. Protasiev // *Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology*. – 2016. – No.2. (316). – pp. 92-98.
8. Istotsky, V.V. Boron miller production in the Russian Federation: historical, theoretical and technological aspects / V.V. Istotsky, V.B. Prfotasiev, A.E. Vinogradov // *Proceedings of Tula State University. Engineering Sciences*. – 2017. – No.1. – pp. 22-27.
9. Protasiev, V.B. Model of interaction of activity quality criteria and product quality indices / V.B. Protasiev, K.L. Razumov-Razdolov // *Quality. Innovations. Education*. – 2013. – No.7 (98). – pp. 42-45.
10. Protasiev, V.B. Application of robust optimization at planning of activity quality improvements / V.B. Protasiev, K.L. Razumov-Razdolov // *Quality. Innovations. Education*. – 2013. – No.9 (100). – pp. 56-61.

*Статья поступила в редакцию 29.11.18.*

*Рецензент: д.т.н., профессор Тульского филиала Российского экономического университета им. Г.В.Плеханова*

*Юдин С.В.*

*Статья принята к публикации 25.12.18.*

#### Сведения об авторах:

**Протасьев Виктор Борисович**, д.т.н., профессор Тульского государственного университета, e-mail: [v\\_ist@mail.ru](mailto:v_ist@mail.ru).

**Плахотникова Елена Владимировна**, д.т.н., профессор Тульского государственного университета, e-mail: [e\\_plahotnikova@mail.ru](mailto:e_plahotnikova@mail.ru).

**Protasiev Victor Borisovich**, Dr. Sc. Tech., Prof. of Tula State University, e-mail: [v\\_ist@mail.ru](mailto:v_ist@mail.ru).

**Plakhotnikova Elena Vladimirovna**, Dr. Sc. Tech., Prof. of Tula State University, e-mail: [e\\_plahotnikova@mail.ru](mailto:e_plahotnikova@mail.ru).

**Истоцкий Владислав Викторович**, к.т.н., директор по науч.-техн. развитию ООО «НПП «РИТ-Инжиниринг», e-mail: [v\\_ist@mail.ru](mailto:v_ist@mail.ru).

**Istotsky Vladislav Victorovich**, Can. Sc. Tech., Director on Scientific-Technical Development PC “SPC”RIT-Engineering”, e-mail: [v\\_ist@mail.ru](mailto:v_ist@mail.ru).