

ekonomichnykh reform na 2010-2014 roky "Zamozhne suspilstvo, konkurentospromozhna ekonomika, efektyvna derzhava" [Medical and demographic situation and organization of healthcare in 2010: results of activity of the health system and the implementation of the program of economic reforms for 2010-2014 "Prosperous Society, Competitive Economy, Effective State"] (2011). Ministry of Health of Ukraine, 104

2. National Report on the State of Techno and Natural Safety in Ukraine in 2013. State Emergency Service of Ukraine. Available at: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2013.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html)

3. Pro ekologichnu ekspertyzu: Zakon Ukrayiny [On Ecological Expertise: Law of Ukraine] (1995). News of Verkhovnoyi Rady of Ukraine, 8.

4. Ocinka ryzyku dlya zdorovya naselennya vid zabrudnennya atmosfernogo povitrya [Assessment of risk to public health from air pollution] (2007). Approved by order of the Ministry of Health of Ukraine from 13.04.07 № 184, 40

5. Integrated Risk Information System (IRIS). Available at: <http://www.epa.gov/iris/>

6. Rybalova, O. V., Byelan, S. V., Savichev, A. A (2013). Otsinka ryzyku vynykennia nadzvychainykh sytuatsii ekolohichnoho kharakteru v Luhanskii oblasti [Risk assessment

of emergencies of ecological character in the Luhansk region]. Problems of emergency situations, 17, 152–163.

7. Sklad i zmist materialiv otsinky vplyviv na navkolyshnie seredovysheche (OVNS) pry proektuvanni i budivnytstvi pidpriemstv, budynkiv i sporud [Structure and content of environment impact assessment in the design and construction of enterprises, buildings and structures] (2010)., 13

8. Kyselev, A. F., Frydman, K. B. (1997). Otsenka ryska zdoroviu [Evaluation of risk health]. St. Petersburg, Russia, 100.

9. Rukovodstvo po otsenke ryska dlia zdorovia naseleniya pry vozdeistvyi khymicheskikh veshchestv, zahriazniushchykh okruzhaiushchuiu sredu [Guidance on risk assessment for human health under the influence of chemicals that pollute the environment] (2004). Guidance 2.1.10.1920-04. Federal Centre for of Gossanepidnadzor of Ministry of Health of Russia, 143

10. Dennis, J. (2002). Paustenbach Human and ecological risk assessment. Theory and practice. New York, 635 .

11. Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshecha v Kharkivskii oblasti v 2012 rotsi [Report on the state of the environment in the Kharkiv region in 2012] (2013). Kharkiv Regional State Administration. Department of Environment and Natural Resources, 245.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, проф. Андроновим В. А.  
Дата надходження рукопису 24.11.2014*

**Рибалова Ольга Володимирівна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра охорони праці і техногенно-екологічної безпеки, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевського, 94, м. Харків, Україна, 61002

E-mail: [olga.rybalova@mail.ru](mailto:olga.rybalova@mail.ru)

**Белан Сергій Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці і техногенно-екологічної безпеки, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевського, 94, м. Харків, Україна, 61002

УДК 621.9.048

DOI: 10.15587/2313-8416.2014.32108

## К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СЪЕМА МЕТАЛЛА ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ

© Т. А. Шумакова

*В статье приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований, позволившие получить экспоненциальные зависимости, применение которых возможно в инженерной практике при определении съема металла в единицу времени при обработке деталей в гранулах различных геометрических форм. Установлено, что наибольший съем металла наблюдается при обработке образцов в гранулах в форме пирамиды, в основании которой лежит невыпуклый шестиугольник*

**Ключевые слова:** съем металла, экспоненциальная зависимость, аппроксимирование, вибрационная обработка, форма абразивных гранул

*It is shown the results of experimental and theoretical researches, which allowed to obtain the exponential dependence, the use of which is possible in engineering practice when determining the metal removal rate per unit time at detail treatment in granules of different geometric shapes. It is established that the highest metal removal was observed at treatment of samples in the pyramidal granules on the base of a convex hexagon*

**Keywords:** metal removal, exponential dependence, approximation, vibration treatment, shape of the abrasive granules

### 1. Введение

Одним из наиболее перспективных и распространенных методов отделочно-зачистной обработки является вибрационная обработка деталей

в среде свободных абразивов. Она позволяет осуществлять широкий диапазон операций, таких как: удаление с поверхностей и кромок деталей заусенцев, очистку их от окалины, уменьшение

шероховатости поверхности и повышение качества поверхностного слоя, подготовку поверхностей деталей под нанесение покрытия и многие другие.

Как известно из [1–3], процесс вибрационной обработки является многофакторным, его эффективность определяется более чем пятьюдесятью факторами. На сегодняшний день наименее изученным из них является форма применяемого инструмента – абразивной гранулы.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

При изучении взаимодействия гранул с деталью обратим внимание на работы авторов [1, 4]. Анализ результатов исследований, приведенных в [1, 4], выявил, что решение данного вопроса имеет два основных подхода: определение съема металла единичным зерном абразивного инструмента и единичной гранулой определенной геометрической формы. Следует отметить, что второй из подходов более приемлем, так как свойственен именно для финишных методов обработки на станках без жесткой кинематической связи, один из которых (вибрационная обработка на станках с U-образным контейнером) рассматривается в данной работе.

Влияние формы абразивных гранул на производительность процесса вибрационной обработки Г. Венцкевич [1] выражает через величину  $N_{ед}$  – действительное число гранул, размещающихся на единице площади обрабатываемой поверхности,  $1/мм^2$ . Автор работы делает выводы, что число следов гранул на единице поверхности зависит от геометрической формы и размеров гранулы, вида и размера обрабатываемой поверхности. Однако автором работы [1] не был учтен тот факт, что в процессе вибрационной обработки абразивная гранула стремится занять положение равновесия относительно своего центра масс, т. е. положение с минимальным моментом инерции (под воздействием вибрации она самоориентируется). Описанная им максимально возможная укладка гранул различных форм по различным видам поверхностей была проведена в статике и не соответствует укладке гранул по этим поверхностям в динамике, поэтому нахождение связи между съемом металла и формой гранулы требует продолжения исследований.

Автор работы [4] для определения величины съема металла с поверхностей обрабатываемых деталей абразивными гранулами различных форм приводит следующие зависимости:

для гранул сферической формы [4]:

$$Q = k_A^2 \cdot K_k \cdot K_{кр}^{2/3} \cdot \zeta^{2,5/3} \cdot \frac{\rho_{МД}}{4} \cdot \frac{\rho_{МГ} \cdot H_{В,гр}}{\sigma_T} \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot m_{гр} \rho_{МГ} \cdot H_{В,гр}}{4 \cdot R_{гр}^2}} \times S_d \cdot A_k^2 \cdot \omega_k^{7/3} \cdot T. \quad (1)$$

Коэффициент  $k_{уп}$  как указывается в [4], для гранул сферической формы можно определить по следующей зависимости:

$$k_{уп} = \frac{S_d}{4 \cdot R_{гр}^2}, \quad (2)$$

где  $S_d$  – площадь обрабатываемой поверхности детали;  $R_{гр}$  – радиус гранулы сферической формы;

для гранул в форме правильных трехгранных призм [4]:

$$Q = k_A^2 \cdot K_k \cdot K_{кр}^{2/3} \cdot \zeta^{2,5/3} \cdot \frac{\rho_{МД}}{\sigma_T} \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot m_{гр} \rho_{МГ} \cdot H_{В,гр}}{4 \cdot R_{гр}^2}} \cdot \frac{\pi \cdot \chi_V}{4} \cdot \frac{A_k^2 \cdot \omega_k^{7/3} \cdot T}{\arctg\left(\frac{d_{гр}}{2R_d}\right)} \cdot \frac{l_d}{l_{гр}}. \quad (3)$$

Коэффициент  $k_{уп}$  для гранул в форме правильных трехгранных призм, по мнению [4], определяется как:

$$k_{уп} = \frac{\pi}{\arctg\left(\frac{d_{гр}}{2R_d}\right)} \cdot \frac{l_d}{l_{гр}}, \quad (4)$$

где  $d_{гр}$  – длина стороны основания абразивной гранулы;  $l_{гр}$  – высота абразивной гранулы;  $R_d$  – радиус основания цилиндрической детали;  $l_d$  – длина образующей цилиндрической детали.

Однако для определения значения величины съема металла по зависимостям (1)–(4) с учетом формы абразивной гранулы необходимо решение задачи определения числа контактных площадок на поверхности обрабатываемой детали, которые могут быть созданы одновременно при плотной укладке на этой поверхности абразивных гранул заданной формы.

При этом авторы работ [1, 4], рассматривают максимально плотную укладку гранул в статике. Это заведомо приводит к неадекватному определению величины съема металла, т. к. укладка гранул по поверхностям обрабатываемых деталей в динамике значительно отличается от максимально плотной укладки в статике.

## 3. Цель и задачи исследования

Цель работы – на основании имеющихся экспериментальных данных, найти зависимости, для определения величины съема металла с поверхностей деталей, выполненных из различных материалов, абразивными гранулами различных геометрических форм.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать результаты исследований направленных на выявление зависимости отражающей влияние формы абразивных гранул на производительность процесса вибрационной обработки деталей в среде свободных абразивов.

2. Проанализировать результаты исследований, приведенные в [5], и составить план проведения исследований по выявлению зависимости, отражающей влияние формы абразивных гранул на съем металла.

3. Использовать метод аппроксимирования вывести экспоненциальную зависимость для определения съема металла в единицу времени при обработке деталей, выполненных из алюминия АЛ-9,

стали 3 или латуни ЛС 59-1Л в гранулах различных геометрических форм.

#### 4. Материалы и методы исследований по выявлению зависимости съема металла от времени при обработке деталей в гранулах различных геометрических форм

В работе [5] приведены результаты экспериментальных исследований по определению съема металла с поверхностей образцов, выполненных из латуни, стали и алюминия. Исследования были проведены при использовании абразивных гранул в форме: конусов; П4 – пирамид, имеющих в основании квадрат и П6 – пирамид, в основании которых лежит невыпуклый

шестиугольник. При этом, как указывается в данной работе, все образцы были обработаны в гранулах имеющих одинаковый состав (шлифовальный порошок карбид кремния черный зернистостью № 40 и эпоксидное связующее), длину образующей (20 мм) и примерно одинаковую массу (10 г), что при проведении экспериментов позволило исключить влияние этих параметров на эффективность процесса. При проведении экспериментальных исследований использовался вибрационный станок модели УВИ-25, а обработка образцов проводилась при режимах: амплитуда колебаний контейнера  $A=3$  мм и частота колебаний  $\omega=65$  Гц. Масса загрузки составляла 75 % от объема контейнера. Результаты экспериментальных исследований сведем в табл. 1.

Таблица 1

Съем металла с поверхностей исследуемых образцов, г

Время обработки, мин	Латунь ЛС 59-1Л			Сталь 3			Алюминий АЛ 9		
	Конус	П4	П6	Конус	П4	П6	Конус	П4	П6
30	0,024	0,026	0,025	0,039	0,049	0,051	0,050	0,053	0,059
60	0,048	0,052	0,049	0,078	0,100	0,102	0,100	0,105	0,118
90	0,073	0,076	0,074	0,116	0,150	0,166	0,140	0,148	0,162
120	0,097	0,101	0,117	0,183	0,208	0,229	0,180	0,190	0,206
150	0,124	0,135	0,145	0,245	0,262	0,312	0,238	0,248	0,268
180	0,151	0,158	0,179	0,307	0,353	0,395	0,295	0,306	0,329
210	0,185	0,199	0,213	0,397	0,426	0,478	0,348	0,363	0,390
240	0,219	0,225	0,258	0,459	0,476	0,529	0,401	0,419	0,452

Анализ данных, приведенных в табл. 1 показывает, что зависимость съема металла с поверхностей образцов от времени  $Q(t)$  имеет характер «насыщения» (т. е. величина съема металла устанавливается со временем и затем практически не изменяется). В работе [6] указано, что зависимости с «насыщением» могут быть описаны как экспоненциальные, а именно, в рассматриваемом случае исследуемая зависимость имеет вид:

$$Q(t) = A \cdot (1 - e^{-Bt}), \quad (5)$$

где  $A$  – константа, равная устанавливаемому с течением времени значению  $R$ ;  $B$  – константа, обратное значение, которое принято называть постоянной времени.

При этом, как указывается в [6], значения констант  $A$  и  $B$  могут быть найдены при помощи графических построений, так, как это показано на рис. 1.

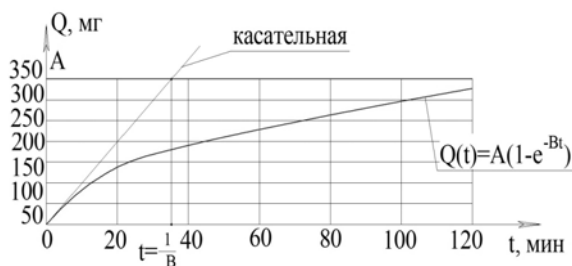


Рис. 1. К определению констант  $A$  и  $B$  для зависимости (1)

Для большей адекватности полученных результатов, а так же для предоставления возможности их использования для сравнения с результатами других авторов в случае определения съема металла следует перейти к его удельному значению, а именно к съему металла с единицы площади исследуемого образца. Для этого полученные средние значения съема металла следует разделить на суммарную площадь всех поверхностей образца:

$$Q_s = \frac{Q}{S}, \quad (6)$$

где  $Q_i$  – съем металла на каждом отрезке времени обработки, г;  $S$  – суммарная площадь всех обрабатываемых поверхностей образца.

#### 5. Результаты исследований зависимости съема металла от времени при обработке деталей в гранулах различных геометрических форм

Результаты расчетов данных, сведенных в табл. 1 по зависимости (6) сведем в табл. 2–4. Значения констант  $A$  и  $B$  найдем при помощи графических построений согласно методике, приведенной на рис. 1.

Проведенные расчеты позволили выявить зависимости для определения съема металла с поверхностей деталей, выполненных из латуни (зависимости (7)–(9)), стали (зависимости (10)–(12)) и алюминия (13)–(15)) от времени при их обработке гранулами различных геометрических форм:

– латунь

$$Q(t)_{\text{конус}} = 0,22 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - e^{-0,00823 \cdot t}), \quad (7)$$

$$Q(t)_{\text{П4}} = 0,225 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - e^{-0,00865 \cdot t}), \quad (8)$$

$$Q(t)_{\text{П6}} = 0,26 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - e^{-0,01094 \cdot t}), \quad (9)$$

– сталь

$$Q(t)_{\text{конус}} = 0,095 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - e^{-0,01263 \cdot t}), \quad (10)$$

$$Q(t)_{\text{П4}} = 0,10 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - e^{-0,0133 \cdot t}), \quad (11)$$

$$Q(t)_{\text{П6}} = 0,11 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - e^{-0,01454 \cdot t}), \quad (12)$$

– алюминий

$$Q(t)_{\text{конус}} = 0,085 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - e^{-0,01276 \cdot t}), \quad (13)$$

$$Q(t)_{\text{П4}} = 0,090 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - e^{-0,01311 \cdot t}), \quad (14)$$

$$Q(t)_{\text{П6}} = 0,095 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - e^{-0,01403 \cdot t}). \quad (15)$$

Таблица 2

Удельный съём металла с единицы площади латунных образцов в форме параллелепипедов 20×10×10 мм, г/мм<sup>2</sup>, ×10<sup>-5</sup>

Время, мин	Конус			П4			П6		
	Э	А	%	Э	А	%	Э	А	%
30	4,26	4,81	-12,91	5,04	5,14	-1,98	6,55	7,27	-10,99
60	7,79	8,57	-16,22	8,14	9,11	-11,92	10,84	12,51	-15,41
90	9,39	10,51	-13,10	10,67	12,17	-14,06	14,02	16,29	-16,19
120	11,72	13,81	-17,83	12,89	14,53	-12,72	16,81	19,00	-13,03
150	14,01	15,60	-11,35	15,39	16,35	-6,24	19,29	20,96	-8,66
180	16,16	17,00	-5,20	17,58	17,76	-1,02	21,50	22,37	-4,05
210	18,91	18,09	4,34	19,98	18,84	5,71	23,74	23,39	1,47
240	21,78	20,95	3,81	22,45	21,68	3,43	25,64	25,12	2,03

Таблица 3

Удельный съём металла с единицы площади стальных образцов в форме пластин 50×40×5 мм, г/мм<sup>2</sup>, ×10<sup>-5</sup>

Время, мин	Конус			П4			П6		
	Э	А	%	Э	А	%	Э	А	%
30	2,67	2,99	-16,21	3,09	3,29	-6,17	2,99	3,19	-19,98
60	3,73	3,29	11,70	4,59	3,89	15,32	4,41	5,43	-20,06
90	4,69	5,49	-17,00	5,62	6,40	-13,96	5,57	6,39	-20,60
120	5,71	6,680	-12,13	6,47	7,53	-14,12	6,54	7,57	-20,08
150	6,87	7,67	-11,39	7,39	8,18	-12,81	7,67	8,90	-16,08
180	7,529	8,639	-14,75	8,16	9,758	-19,54	8,68	9,72	-12,00
210	8,429	9,087	-7,80	8,94	10,19	-14,09	9,75	9,22	5,47
240	9,357	9,387	-0,33	9,72	10,48	-7,78	10,79	10,52	2,52

Таблица 4

Удельный съём металла с единицы площади алюминиевых образцов в форме пластин 50×40×5 мм, г/мм<sup>2</sup>, ×10<sup>-5</sup>

Время, мин	Конус			П4			П6		
	Э	А	%	Э	А	%	Э	А	%
30	2,048	1,7034	16,83	2,5869	2,9266	-13,13	2,7691	3,264	-17,86
60	3,193	3,547	-11,09	3,6319	4,0015	-10,18	3,8955	4,406	-13,11
90	4,000	4,904	-22,61	4,4206	5,2342	-18,40	4,6882	5,813	-23,98
120	4,854	5,362	-10,46	5,2624	6,1336	-16,56	5,4660	6,736	-23,23
150	5,737	6,246	-8,87	6,000	6,7405	-12,34	6,2888	7,342	-16,75
180	6,571	6,795	-3,41	6,8641	7,15	-4,17	7,2641	8,739	-20,31
210	7,510	7,917	-5,41	7,7839	7,4264	4,59	8,1488	9,001	-10,46
240	8,188	8,102	1,04	8,5551	8,6129	-0,68	9,2163	9,172	0,48

## 6. Обсуждение результатов

Исследования влияния различной формы абразивных гранул, а именно: конусов, пирамид, имеющих в основании квадрат, невыпуклые шестиугольник, на производительность процесса вибрационной обработки показали, что при использовании

гранул, имеющих выступающие ребра, съём металла увеличивается с увеличением количества этих ребер. По сравнению с конусами в гранулах П4 этот рост составляет соответственно 2–12 %, в П6 – 13–24 %.

Сравнение данных, полученных путем аппроксимирования, с экспериментальными данными

показывает их хорошую согласованность между собой (большую погрешность для малых значений времени можно объяснить тем, что в начале обработки идет сглаживание острых кромок заготовок). Из результатов исследований, приведенных в табл. 2–4 видно, что значения, полученные в ходе экспериментальных исследований, и в результате их аппроксимации отличаются на 0,5–20 %, что является незначительным. Таким образом, экспоненциальные зависимости могут быть рекомендованы для применения в инженерной практике.

### 7. Выводы

1. Анализ результатов исследований существующих математических моделей, описывающих влияние на производительность процесса вибрационной обработки формы абразивных гранул, показал наличие большого количества противоречий. Авторы исследуемых в статье работ, при написании математических моделей рассматривают максимально плотную укладку гранул по поверхностям обрабатываемых образцов в статике, что приводит к неадекватному определению величины съема металла, т. к. укладка гранул по поверхностям обрабатываемых деталей в динамике значительно отличается от максимально плотной укладки в статике.

2. Результаты экспериментальных и теоретических исследований съема металла с поверхностей образцов, выполненных из латуни марки ЛС 59-1Л, алюминия АЛ-9 и стали 3 показали, что наибольший съем металла наблюдается при обработке образцов в гранулах в форме пирамиды, в основании которой лежит невыпуклый шестиугольник, так по сравнению с конусами в гранулах П4 он больше соответственно на 2–12 % и в П6 на 13–24 %.

3. Расчет съема металла по полученным экспоненциальным зависимостям при определении съема металла в единицу времени при обработке деталей в гранулах различных геометрических форм показал хорошую сходимость результатов экспериментальных и теоретических исследований. Применение в инженерной практике полученных в работе зависимостей позволит спрогнозировать производительность процесса вибрационной обработки деталей в принятых при исследованиях пределах и разработать рекомендации по использованию той или иной формы гранул для обработки

деталей из латуни ЛС 59-1Л, алюминия АЛ-9 или стали 3.

### Литература

1. Венцкевич, Гж. Влияние некоторых параметров абразивного наполнителя на эффективность процесса шлифования в вибрирующих резервуарах [Текст]: дис... кандидата техн. наук: 05.02.08 / Гж. Венцкевич. – Одесса, 1986. – 175 с.

2. Бабичев, А. П. Основы вибрационной технологии [Текст]. Часть 2. Технология вибрационной обработки [Текст] / А. П. Бабичев. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 1994. – 89 с.

3. Mamalis, A. G. Mathematical simulation of motion of working medium at finishing–grinding treatment in the oscillating reservoir [Text] / A. G. Mamalis, A. V. Mitsyk, A. I. Grabchenko, V. A. Fedorovich // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2013. – Vol. 70. Issue 1-4. – P. 1–14. doi: 10.1007/s00170-013-5257-6

4. Бранспиз, Е. В. Повышение эффективности виброабразивной обработки путем рационального выбора ее основных параметров [Текст] : дис... кандидата техн. наук: 05.03.01 / Е. В. Бранспиз. – Харьков, 2002. – 265 с.

5. Шумакова, Т. А. Повышение производительности обработки деталей в вибрирующих контейнерах путем выбора формы инструмента: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Т. А. Шумакова. – Харьков, 2010. – 244 с.

6. Попов, С. П. Интенсификация процесса виброабразивной обработки за счет углов колебаний и поджатия рабочей среды [Текст]: автореф. дис. ... кандидата техн. наук: спец. 05.02.08 / С. П. Попов. – Технология машиностроения. – Воронеж: ВГТУ, 1994. – 16 с.

### References

1. Ventskevich, J. (1986). Vliianie nekotorykh parametrov abrazivnogo napolnitelia na effektivnost' protsessha shlifovaniia v vibriruiushchih rezervuarah. Odessa, 175.

2. Babichev, A. P. (1994). Osnovy vibratsionnoi tehnologii: Chast' 2. Tehnologii vibratsionnoi obrabotki. Rostov-na-Donu: DGTU, 89.

3. Mamalis, A. G., Mitsyk, A. V., Grabchenko, A. I., Fedorovich, V. A. (2013). Mathematical simulation of motion of working medium at finishing–grinding treatment in the oscillating reservoir. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 70 (1-4), 1–14. doi: 10.1007/s00170-013-5257-6

4. Branspiz, E. V. (2002). Povyshenie effektivnosti vibroabrazivnoi obrabotki putem ratsional'nogo vybora ee osnovnykh parametrov. Kharkiv, 265.

5. Shumakova, T. A. (2010). Povyshenie proizvoditelnosti obrabotki detaley v vibriruyushchikh konteynerakh putem vybora formy instrumenta. Kharkiv, 244.

6. Popov, S. P. (1994). Intensifikatsiia protsessha vibroabrazivnoi obrabotki za schet uglov kolebaniia i podzhatii rabochei sredy. Voronezh: VGTU, 16.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Пермяков О. А.  
Дата надходження рукопису 30.11.2014*

**Шумакова Татьяна Александровна**, кандидат технических наук, доцент, кафедра машиностроения, станков и инструментов, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, пр. Советский, 59-А, г. Северодонецк, Украина, 93400  
E-mail: shumakovatatyana@yandex.ru