



Бурлакова Г.Ю.

*Приазовский  
государственный  
технический  
университет*

Кожемякин В.Г.

Николаенко А.П.

*Восточноукраинский  
национальный  
университет имени  
Владимира Даля*

УДК 621.9.048

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЛИПАЕМОСТИ МЕЛКИХ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ

*У статті приведені результати оцінки налипання деталей на футерування контейнера вібраційного верстата з метою виявлення умов, необхідних для запобігання налипанню.*

*Influence of sticking details on walls of container is shown in the article with purpose to find necessary treatment terms without this effect.*

**Введение.** Изыскания путей повышения интенсификации процесса вибрационной обработки деталей осуществляются по различным направлениям, в том числе и путем выбора формы контейнера. В работе [1] приведена классификация конструктивных признаков рабочих поверхностей контейнера и дополнительного приспособления, называемого автором дефлектором и способствующего, по мнению автора, интенсификации процесса виброобработки (рис. 1). Как видно, в данной классификации не отражена взаимосвязь между формой контейнера и проблемами, возникающими при обработке деталей различных форм и размеров. Ранее в [2] указывалось о таком недостатке, как налипание и слипание мелких деталей при их обработке в навал в присутствии жидкости в ВиО станках, что ограничивает применение этого метода.

**Постановка проблемы.** Если для ликвидации налипания на стенки контейнера сейчас наметились пути решения [3 – 5] (причем этим вопросом занимались все 50 лет изучения вибрационной обработки [6 – 11]), то о слипании виброобработчики упоминают невнятно, стараясь не замечать эту

нерешенную задачу. Акцент при описании достоинств вибрационной обработки всегда делается на то, что вибрационная обработка прекрасно обрабатывает детали сложных форм (и это на самом деле так). Обработка плоских деталей тормозится не только на вибрационных станках с U-образной формой контейнера, но и в тороидальных контейнерах, а также при центробежно-ротационной обработке [12, 13]. Однако именно с мелких деталей (доля плоских среди которых достаточно велика) наиболее сложно удалить заусенец, и потребность в этой операции не снижается.

Возникновение слипания в U-образных контейнерах связано с тем, что при подъеме рабочей среды в ее циркуляционном движении происходит уменьшение скорости и двигавшиеся друг за другом детали догоняют друг друга и, накладываясь на поверхность, слипаются.

Так, например, при вибрационной обработке в фарфоровых шарах скорость подъема составляет 3,3 м/мин [14] в отличие от нисходящего потока, где скорость - 4,25 м/мин [14] (рис. 2).

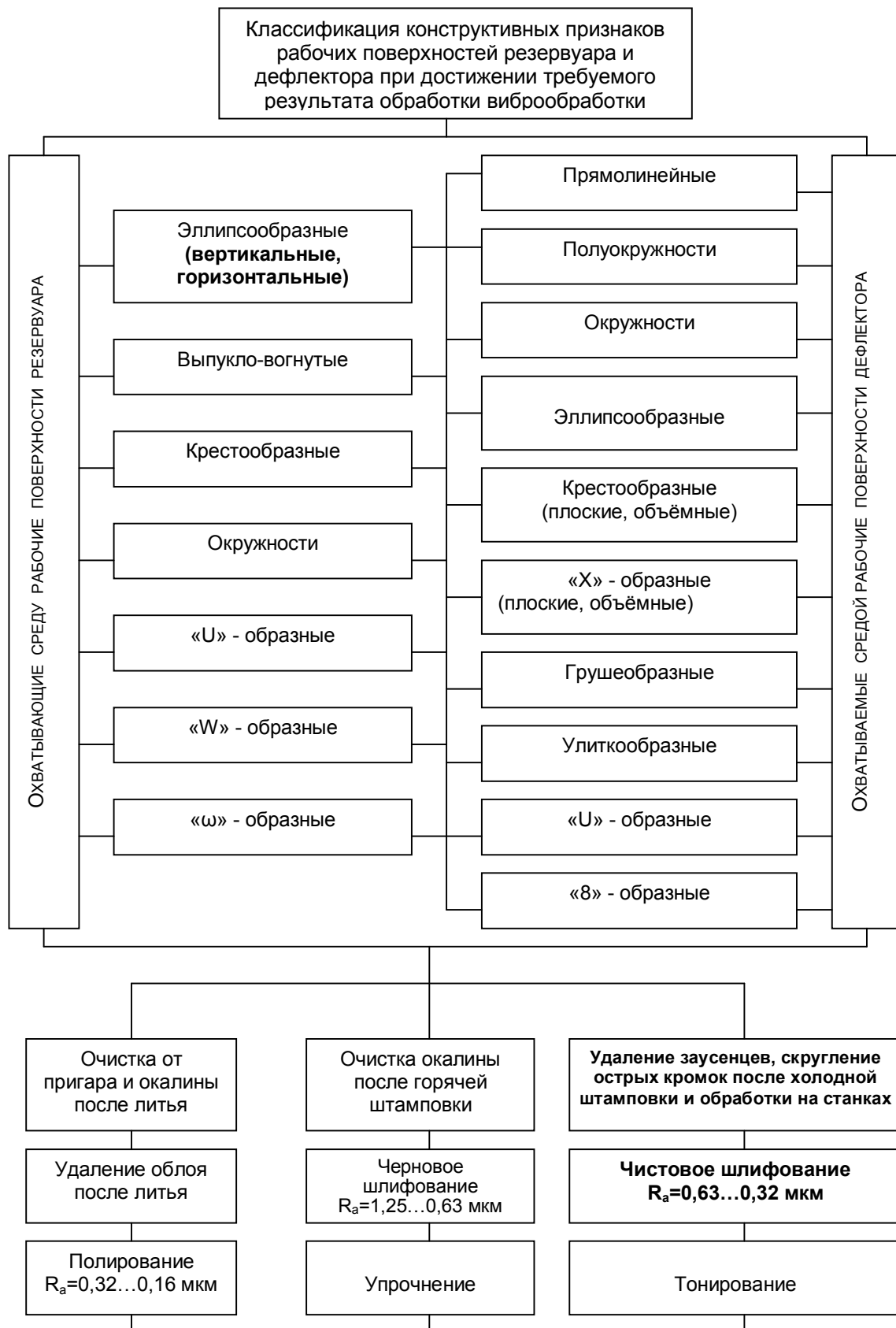
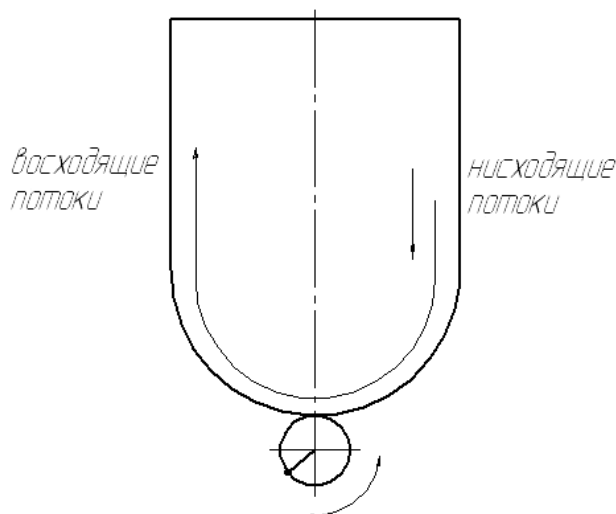


Рис.1. Классификация признаков рабочих поверхностей резервуара и дефлектора



**Рис. 2. Потоки в вибрирующем контейнере**

При этом из-за слабости потока в левом верхнем углу сечения традиционного контейнера возникает зона вторичной циркуляции (рис. 3) [5, 14], где уже налипшие образцы (рис. 3, 4) встречаются со следующими поднимающимися вверх.



**Рис. 3. Наличие в контейнере зоны вторичной циркуляции**

С целью решения задачи по ликвидации слипания и налипания деталей был разработан следующий план исследований:

1. Определение маслосъемности поверхности, получаемой традиционными методами и в свободных абразивах, как фактора, подтверждающего влияние микрорельефа на силы адгезии.

2. Установление силы сдвига, необходимой для разделения предварительно смоченных образцов.

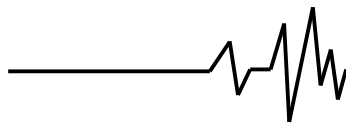


**Рис. 4. Образцы, налипшие на стенках контейнера**

Следует обратить внимание, что фактов явления слипаемости обрабатываемых деталей при вибрационной обработке будет больше, чем при обработке таких же деталей другими традиционными методами. Этому способствует достоинство самого создаваемого в процессе обработки микрорельефа. Известно, что поверхности, получаемые обработкой в свободных абразивах, в отличие от обработки с жестко закрепленным инструментом, имеют развитый матовый микрорельеф. Вибрационная обработка позволяет получать поверхности с одинаковой микрогеометрией во всех направлениях и достаточно низкой шероховатостью. Микрорельеф поверхности после ВиО представляет собой хаотичное расположение микровыступов и микровпадин различной конфигурации, которые являются маслосъемными канавками, что обеспечивает поверхности высокую адсорбционную способность. Подтверждением этого могут служить приведенные ниже результаты (табл. 1) [14]. Если данная поверхность содержит больше масла, то, следовательно, она будет содержать и больше воды или химически активного раствора, т.е. силы адгезии будут выше, чем на поверхности, получаемой традиционными методами.

Маслосъемность поверхности определяли согласно ГОСТ 9.302-88 «Методы контроля маслосъемности покрытий» методом, основанным на определении количества масла, адсорбированного поверхностью.

Для этого эксперимента были подготовлены образцы из сталей 20, 40Х и У8 с поверхностным слоем, полученным различными методами, а именно: шлифованием и вибрационной обработкой.



В экспериментах при измерении применялось масло с кинематической вязкостью  $(2,5...3,5) \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$  при температуре  $25^\circ\text{C}$ .

Образцы взвешивались, погружались в масло, нагретое до температуры  $130^\circ\text{C}$ , и выдерживались в нем до температуры  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Затем образцы извлекались, с их поверхности удалялся избыток масла фильтровальной бумагой и взвешивались.

Удельную маслосъемность вычисляли по формуле

$$M = \frac{m - m_1}{S}, \quad (1)$$

где  $M$  – удельная маслосъемность,  $\text{млг}/\text{мм}^2$   
 $m$  – масса образца после погружения в масло,  $\text{мг}$ ;  
 $m_1$  – масса образца до погружения в масло,  $\text{мг}$ ;  
 $S$  – площадь поверхности образца,  $\text{мм}^2$ .

Таблица 1

Средняя масса образцов до и после нанесения масла

Вид обработки	Материал образца	Средняя масса образцов, г	
		до нанесения масла	после нанесения масла
Шлифование	У8	141, 2000	141, 2040
	Сталь 20	72, 9610	72, 9980
	Сталь 40X	75, 7100	75, 7300
Виброобработка	У8	83, 0000	83, 0100
	Сталь 20	71, 3110	71, 3555
	Сталь 40X	147, 3410	147, 3925

Как видно из результатов, приведенных в табл. 1, масса образцов после нанесения масла увеличилась как у образцов после вибрационной обработки, так и у образцов после шлифования. Для образцов, обработанных шлифованием, разница в массе составила для образцов из стали У8 – 0,004 г, из стали 20 – 0,037 г, из стали 40X – 0,02 г. Для образцов после вибрационной обработки разница составила для образцов из стали

У8 – 0,01 г, из стали 20 – 0,0445 г, из стали 40X – 0,0515 г.

Для более объективного представления о влиянии различных методов обработки на маслосъемность поверхностного слоя производили расчет удельной маслосъемности поверхности образцов по формуле (1). Результаты вычисления маслосъемности представлены в табл. 2.

Таблица 2

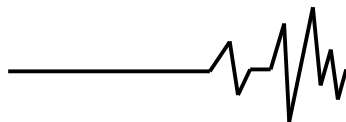
Маслосъемность образцов после различных видов обработки

Марка стали	Маслосъемность, $\text{млг}/\text{мм}^2$	
	Вид обработки	
	Шлифование	Виброобработка
У8	0,0143	0,462
Сталь 20	1,709	2,055
Сталь 40X	0,924	1,848

Как видно из табл. 3, удельная маслосъемность образцов, обработанных ВиО, выше, чем у образцов, обработанных шлифованием, а именно: для образцов из стали У8 на 97%, из стали 20 – на 17%, из стали 40X – на 50%. В среднем вибрационная обработка увеличивает удельную

маслосъемность поверхности на 54,6%, что обеспечивается измененным микрорельефом.

Вибрационная обработка изменяет микрорельеф поверхности изделия, создает множество несвязанных между собой впадин, которые являются маслосъемными резервуарами, в отличие от шлифования, при котором наблюдаются направленные следы от зерен в



виде рисок, по которым нанесенное масло растекается по поверхности. На профилограмме поверхности, многократно увеличенной, после вибрационной обработки (рис. 5) во впадине микрорельефа имеются

углубления, лунки, сопутствующие формированию развитого гидроемкого микрорельефа поверхности, что совпадает с выводами авторов работ [14 – 18].

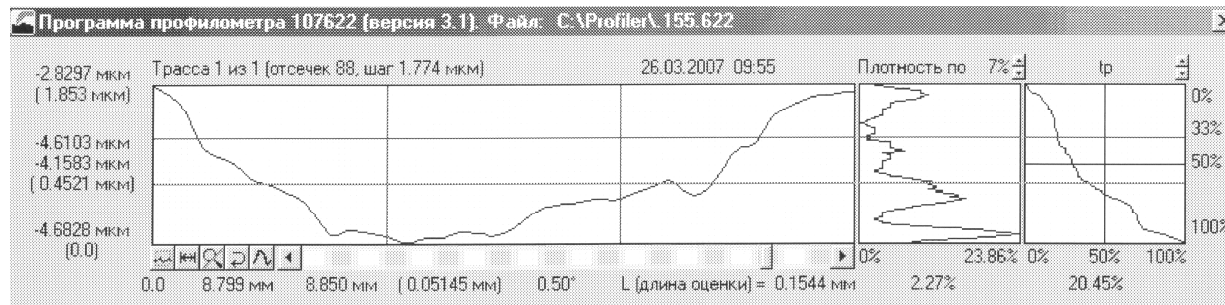


Рис. 5. Профилограмма поверхности после вибрационной обработки

В работе [18] установлены значения параметров, характеризующих процесс, происходящий в контейнере:

Ускорение 20...150 м/с<sup>2</sup>;

Сила микроудара 15...30 Н;

Контактное давление 1,5...150 МПа.

С целью определения силы сдвига проводились многократные измерения по классической схеме (подробно изложенной в

работе [19]). В ходе экспериментальных исследований проводилось определение силы трения в покое и силы трения в относительном движении.

Коэффициент трения можно также определить по методике, иллюстрированной схемой, представленной на рис. 6.

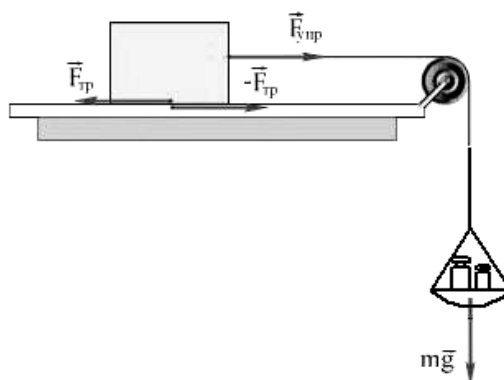


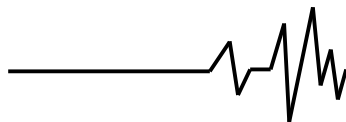
Рис. 6. Кинематическая схема определения коэффициента трения

Для этого было изготовлено устройство, состоящее из плоскости, покрытой резиной. На эту плоскость устанавливается образец, а на чашу укладывается уравнивающий груз.

Для определения величины коэффициента трения в движении были проведены аналогичные опыты, при которых ко дну чаши испытательного прибора подвешивалась на гибком шнуре вторая дополнительная чаша. При этом испытуемый образец начинал перемещение по направляющим под действием суммарной массы гирь, распределенных на обеих чашах так, чтобы после прикосновения нижней чаши к

полу продолжалось равновесное движение образца под действием массы гирь, лежащих на верхней чаше. Таким образом, сумма масс гирь на обеих чашах и собственной массы нижней чаши должна соответствовать силе трения в покое, а масса гирь на одной верхней чаше – силе трения в относительном движении.

В качестве испытуемых образцов использовались параллелепипеды размерами 35x34x20 из стали Ст45, массой 178,145 г. с шероховатостью  $Ra = 0,45$  и размерами 40x30x10 из стали Ст3, массой 91,6782 г. с шероховатостью  $Ra = 0,71$ . Эксперимент



проводился в условиях сухого и влажного трения о резиновое покрытие.

Проводилась серия опытов, результаты которых представлены в таблице 3. Измерение силы трения в покое и силы трения в относительном движении проводилось через интервалы времени в 1, 2, 5, 15, 30 секунд. Для

обработки результатов измерений использовались статистические методы с учетом случайных погрешностей, которые подтвердили достоверность результатов в границах 95%-ных доверительных интервалов.

Таблица 3

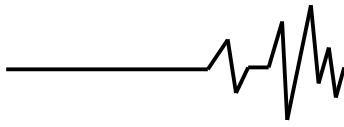
**Определение сопротивления сдвигу обрабатываемого образца**

№ п/п	Условие	Время	Масса 1	Коэффициент трения в покое	Масса 2	Коэффициент трения в движении
1	Сухая резина		66,15	0,7215±0,0044	50,3	0,5487±0,0169
2	Влажная резина	1	90	0,9817±0,0092	81,8	0,8923±0,0075
3	Влажная резина	2	92,2	1,0057±0,0072	82,45	0,8993±0,00802
4	Влажная резина	5	95,65	1,0433±0,0081	85,2	0,9293±0,0091
5	Влажная резина	15	100,95	1,1011±0,0104	90,6	0,9882±0,0104
6	Влажная резина	30	101,6	0,9947±0,0091	91,2	0,9947±0,0091

Таблица 4

**Определение сопротивления сдвигу обрабатываемого образца**

№ п/п	Условие	Время	Масса 1	Коэффициент трения в покое	Масса 2	Коэффициент трения в движении
1	Сухая резина		81,7	0,4586±0,0494	63,4	0,3559±0,0088
2	Влажная резина	1	129,5	0,7269±0,0054	119,5	0,6708±0,0055
3	Влажная резина	2	131,7	0,7393±0,0069	124,15	0,6969±0,02143
4	Влажная резина	5	133,8	0,7511±0,0036	125,5	0,7045±0,0048
5	Влажная резина	15	134,9	0,7572±0,0045	128	0,7185±0,0057
6	Влажная резина	30	146,45	0,8221±0,0087	128,45	0,7210±0,0104



Результаты экспериментального исследования показали, что в условиях влажной поверхности сила трения, необходимая для сдвига образца, будет большей, чем в условиях сухого трения почти в два раза (таблица 3, 6-я серия). Это объясняется тем, что влажный образец как бы прилипает к соприкасающейся с ним поверхностью и имеет некоторое начальное сопротивление сдвигу. Также силы трения в покое и силы трения в относительном движении увеличиваются с увеличением времени контактирования резины и исследуемого образца и различной шероховатостью образцов, о чем упоминается в [20].

Из результатов данных экспериментальных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Установлено, что на силу сдвига влияет время контакта обрабатываемых образцов и шероховатость их поверхностей, что является важным, так как при налипании деталей время их контакта в ряде случаев превышает эти величины.

2. Для обеспечения возникновения в контейнере вибрационного станка достаточных усилий для преодоления сил трения покоя и трения движения с целью разъединения деталей в случае их слипания необходимо, чтобы силы, действующие в рабочей среде, были направлены на разъединение этих изделий.

3. Для исключения возможности столкновения обрабатываемых деталей и их слипания необходимо обеспечить устойчивое циркуляционное движение массы загрузки, которое является важным фактором качественного процесса вибрационной обработки, для чего необходимо ликвидировать зону вторичной циркуляции.

#### **Литература:**

1. Мицык В.Я. Развитие научных основ проектирования технологии и оборудования отделочно-зачистной и упрочняющей виброобработки / В.Я. Мицык // Вібрації в техніці та технологіях. – 2010. – №2 (58). – С.141 – 151.

2. Бурлакова Г.Ю. Вибрационная обработка деталей, склонных к слипанию / Г.Ю. Бурлакова, Г.Л. Мелконов // Вібрації в техніці та технологіях. – 2010. – №2 (58). – С.34 – 48.

3. Мелконов Г.Л. Расширение технологических возможностей вибрационной обработки деталей «внавал» / Г.Л. Мелконов, Е.В. Нечай, А.В. Романченко // Восточно-

Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2008. – №4/1(34). – С.15-18.

4. Калмыков М.А. Экономическая целесообразность применения вибрационной обработки для снятия заусенцев / М.А. Калмыков, Г.Л. Мелконов, Е.В. Нечай // Вібрації в техніці та технологіях. – Вінниця, 2008. – №3(52). – С.45-50.

5. Калмыков М.А. Метод выбора математического аппарата, применяемого для описания процесса вибрационной обработки / М.А. Калмыков, Г.Л. Мелконов // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук, 2009. – 2/2009 (55) Ч.1 – С. 53-55.

6. Мицык В.Я. Интенсификация обработки деталей в вибрирующих резервуарах встречно движущимися потоками рабочей среды: дис.... кандидата техн. наук: 05.02.08 / Мицык Владимир Яковлевич. – М., 1986. – 246 с.

7. Шаинский М.Е. Вибрационное шлифование и полирование деталей // Вестник машиностроения. – 1965. – № 9. – С. 64-68.

8. Шаинский М. Е. Особенности виброобработки во встречных потоках рабочей среды / М. Е. Шаинский, В. Я. Мицык // ЦНИИ информации, Москва, «Производственно-технический бюллетень», 1978. – №7. – С. 30-32.

9. Денисов П. Д. Анализ конструкций вибрационных машин непрерывного действия // Вибрации в технике и технологиях. – 1995. – № 1 (2). – С. 3-7.

10. Шаинский М. Е. К оценке эффективности виброобработки в «U»-образных резервуарах / М.Е. Шаинский, В.А. Власов // Тезисы докладов на Всесоюзном научно-техническом семинаре «Виброабразивная обработка деталей». – Ворошиловград: ВМИ. – 1978. – С. 160-163.

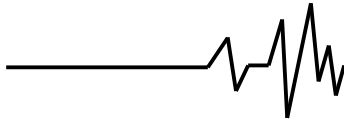
11. Шаинский М.Е. Исследование декоративного шлифования и полирования стальных деталей в вибрирующих резервуарах: дис. ...кандидата техн. наук: 05.02.08 / Шаинский Михаил Ефимович. – Львов, 1967. – 171 с.

12. <http://www.turbofinish.com>

13. <http://www.rosler.com>

14. Застосування вібраційної обробки для підвищення якості виробів / [Носко П.Л., Калмиков М.О., Ніколаєнко А.П., Лубенська Л.М.]. – Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2009. – 292 с.

15. Проволоцкий А.Е. Разработка интегрированных технологий финишной обработки / А.Е. Проволоцкий, С.Л. Негруб //



Резание и инструмент в технологических системах. – 2007. – Вып.73. – С. 257 – 262.

16. Проволоцкий А.Е. Формирование развитых микрорельефов поверхностей / А.Е. Проволоцкий, С.П. Лапшин, С.Л. Негруб, В.М. Ласкин // Резание и инструмент в технологических системах. – 2004. – Вып.66.— С. 153 –162.

17. Негруб С.Л. Повышение эффективности финишной обработки эластичными полимер-абразивными инструментами: дис. ... канд. тех. наук: 05.02.08 / С.Л. Негруб. – Днепропетровск, 2008. – 210 с.

18. Бабичев А.П. Физико-технологические основы методов обработки: учебное пособие для вузов / Бабичев А.П. – Ростов н/Д: «Феникс», 2006. – 410с.

19. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов / Р.Л. Зенков. – М.: Машиностроение, 1964. – 248 с.

20. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов И.Н. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.