

## Результаты исследования стабилизации производительности ультразвуковой установки с керамическими мембранными элементами при обработке вина

Валерий Т. Антуфьев,	<sup>1</sup>	antufjew2010@yandex.ru
Марина А. Иванова,	<sup>1</sup>	mtomz85@mail.ru
Алексей А. Понедельченко	<sup>1</sup>	alexsey.ap@mail.ru

<sup>1</sup> кафедра технологические машины и оборудование, Санкт-петербургский государственный университет информационных технологий механики и оптики, Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, Россия

**Реферат.** В статье описаны пути решения проблемы снижения производительности керамических мембранных элементов для обработки вина на конечном этапе его производства. В частности, экспериментально подтверждена относительная стабильность скорости фильтрации, эффективность удаления газов и осветления вин при контактном наложении колебаний волн ультразвукового излучателя на керамический фильтр. Что существенно сократило затраты на различные консерванты для увеличения сроков хранения. Для изучения процессов при обработке вина предлагаемым способом была изготовлена экспериментальная установка на базе опытно-промышленной машины МРп-1/2 по розливу тихих жидкостей и ультразвукового аппарата «Волна-М» УЗТА-1/22-ОМ с жёстко закреплённым, при помощи звукопередающего волновода, на излучателе ультразвука корпуса фильтра. Опытным путём определены рациональные параметры мощности подводимого ультразвука и давления в системе для стабилизации производительности ультразвуковой установки с керамическими мембранными элементами без снижения качества обрабатываемых вин. Представлены выведенные зависимости и графики, позволяющие определить момент выхода фильтра на относительно стабильный режим работы. Выявлено существенное снижение удельных затрат на фильтрацию, так как это позволило уйти от загрязнения продукта различными консервантами, и увеличение длительности хранения в герметичной таре при асептическом розливе без тепловой стерилизации. Ультразвуковой излучатель за счёт контактного наложения колебаний волн на керамический фильтр не только повышает эффективность удаления газов, но и улучшает органолептические показатели, стабилизирует работу фильтров, повышает их производительность. Удаление газов создаёт неблагоприятные условия для развития дрожжей, что, в свою очередь, увеличивает срок хранения для полусладких вин.

**Ключевые слова:** обработка вина, керамический фильтр, ультразвук, повышение производительности, стабилизация процесса

## Research results on productivity stabilization by ultrasonic camera (plant) with membrane ceramic elements during vine processing

Valery T. Antufyev,	<sup>1</sup>	antufjew2010@yandex.ru
Marina A. Ivanova,	<sup>1</sup>	mtomz85@mail.ru
Aleksey A. Ponedelchenko	<sup>1</sup>	alexsey.ap@mail.ru

<sup>1</sup> Department technological machines and Equipment, St. Petersburg state university of information technologies of mechanics and optics, Lomonosov, 9, St. Petersburg, Russia

**Summary.** The article describes solutions to the problems of declining productivity of ceramic membrane elements for wine processing on the final manufacturing phase. A relative stabilization of filtration velocity, venting efficiency and wine lightening were experimentally confirmed during contacts with oscillation waves of ultrasonic transmitter on the ceramic filter. Which significantly reduced the cost of various preservatives to increase periods storage. To study the processes of wine processing by the proposed method it was made an experimental installation on the basis of pilot machine MRp-1/2 for bottling of quiet liquids and an ultrasonic device "Volna-M" UZTA-1/22-OM with a firmly, waveguide which transmits sound, fixed filter frame on the ultrasound emitter. To stabilize the performance of ultrasonic units with ceramic membrane elements without quality deterioration of wines it was empirically determined rational parameters of power of ultrasound input and pressure in the system. The given derived dependencies and graphs allow to define the time of relatively stable operating filter regime. It was revealed a significant cost reduction on filtration, as it allows escape from the contamination of the product by various preservatives, and increasing of storage duration in a sealed container during aseptic filling without a thermal sterilization. Ultrasonic emitter contact by superposition wave vibrations on the ceramic filter increases not only the efficiency of gas removal, but also improves the organoleptic characteristics, stabilizes the filters, improves their productivity. Gas removal creates unfavorable conditions for development of the yeast, which in turn increases the shelf life of semisweet wine.

**Keywords:** processing of wine, ceramic filter, ultrasound, increase of productivity, process stabilization

Для цитирования

Антуфьев В. Т., Иванова М. А., Понедельченко А. А. Результаты исследования стабилизации производительности ультразвуковой установки с керамическими мембранными элементами при обработке вина // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2. С. 37–42. doi:10.20914/2310-1202-2016-2-37-42

For citation

Antufyev V. T., Ivanova M. A., Ponedelchenko A. A. Research results on productivity stabilization by ultrasonic camera (plant) with membrane ceramic elements during vine processing. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 2. pp. 37–37. (in Russ.). doi:10.20914/2310-1202-2016-2-37-42

## Введение

Существует достаточно много способов обработки вин с целью их осветления путём введения в них органических оклеивающих веществ, например, желатины, рыбьего клея, и раствора бентонита, введения жёлтой кровяной соли, перемешивания, отстаивания и фильтрации через фильтры разной конструкции. Использовать такую технологию на современных высокопроизводительных заводах невозможно из-за использования большого количества технологического оборудования и производственных площадей, трудоёмкости операций и длительности технологического цикла [2, 4]. Особенно высокое качество обработки вин с некоторым сокращением цикла подработки можно осуществить на керамических фильтрах, но они так же, как и другие, быстро теряют производительность и требуют дорогостоящего обслуживания. Поднять эффективность удаления газов и осветления вин можно при контактном наложении колебаний волн ультразвукового излучателя на керамический фильтр, но научных работ в направлении внедрения в винодельческой промышленности, особенно для подработки вина на конечном этапе его производства, недостаточно [2]. Особенно ярко преимущества этих систем проявляется при автоматизации процессов, когда снижение скорости фильтрации и давление могут резко изменяться в зависимости от характеристик виноматериалов. Теоретические исследования процессов фильтрации растворов воды и практика показывает, что наложение ультразвука на керамические фильтры не только увеличивает производительность установки, но и стабильность её работы длительное время, при этом так же существенно перекрывает расходы на создание дозированного ультразвука.

Мембранные технологии осветления в настоящее время признаны в мировой практике в качестве энергосберегающих технологий разделения жидких пищевых сред, так как исключаются стадии пастеризации (тепловой обработки) и необходимость введения консервантов для обеспечения требуемых сроков хранения [9].

Недостатком мембранной фильтрации является низкая производительность и её существенное снижение в процессе работы, что требует периодически переключать потоки фильтруемого вина на резервные фильтры [18]. Это повышает стоимость обработки. Для достижения

высокой производительности мембранных фильтров применяют обработку под давлением, что также сказывается на энергетических затратах. Ультразвуковое воздействие на мембранные фильтры в корне решает эти проблемы: снижается гидравлическое сопротивление фильтров и, следовательно, повышается производительность аппаратов, идёт непрерывная очистка пор, задержка или деструктурирование высокополимерных спиртов [2]. Основной задачей исследования является разработка непрерывной технологии мембранного осветления винопродуктов, состава технологической линии и конструкции промышленной установки с керамическими мембранами, обеспечивающими стабильный процесс, а в совокупности решение задачи снижения себестоимости и повышения качества продукта. Внедрение предлагаемого инновационного технологического процесса в производство обеспечит достижение следующих преимуществ по сравнению с традиционными методами:

- повышение качества осветлённого вина;
- устранение традиционных аппаратов фильтрации с упрощением состава технологической линии;
- уменьшение потерь при фильтровании;
- существенное снижение энергопотребления.

Поэтому актуальность создания проточной микрофильтрационной установки непрерывного действия с ультразвуковыми керамическими мембранными элементами для осветления вина очевидна.

### 1.1 Объекты и методы исследования

Целью работы является исследование процесса снижения производительности керамических мембранных элементов для обработки вина на конечном этапе его производства. Во время эксперимента осуществлялась подача виноматериала на керамический фильтр со средним диаметром пор 0,2 мкм под давлением 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,45 МПа, при частоте ультразвука 22 кГц и амплитуде вибрации 0; 10; 20; 30 и 40 мкм.

Для измерения поглощённой мощности ультразвука измеряли время и температуру нагрева взвешенной порции вина, для чего использовали весы марки МММ44. Необходимое число повторов эксперимента найдено по методике, изложенной в работе [18]. На рисунке 1 представлена схема установки.

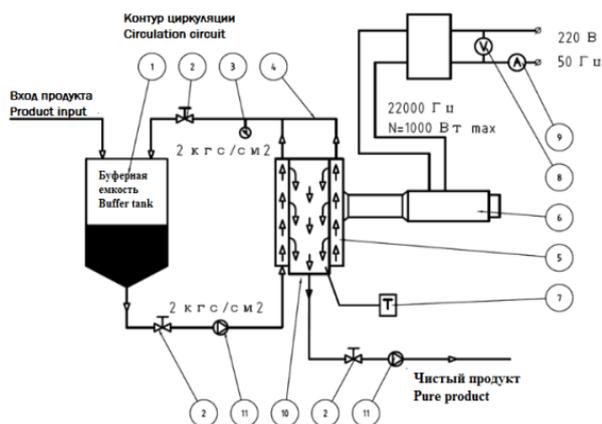


Рисунок 1. Принципиальная схема экспериментальной установки. 1. Буферная ёмкость; 2. Регулирующие клапана; 3. Манометр; 4. Продуктопровод; 5. Корпус фильтра; 6. Ультразвуковой генератор; 7. Датчик температуры; 8. Вольтметр; 9. Амперметр; 10. Керамическая мембрана с порогом фильтрации 0,02 мкм.; 11. Насос

Figure 1. Schematic diagram of experimental installation. 1. Buffer vessel; 2. Control valves; 3. Manometer; 4. Products pipe line; 5. Filter bowl; 6. Ultrasonic generator; 7. Temperature sensor; 8. Voltmeter; 9. Amperemeter; 10. Ceramic membrane on the level of filtration 0,02 microns; 11. Pump

На рисунке 2 представлено фото общего вида установки для конечной обработки вина.

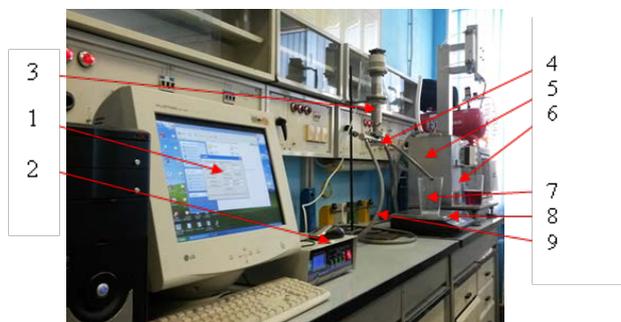


Рисунок 2. Общий вид установки. 1. Компьютер для настройки ультразвукового генератора; 2. Ультразвуковой генератор; 3. Ультразвуковой излучатель; 4. Фильтр; 5. Машина розлива МРп-1/2; 6. Отфильтрованный продукт; 7. Фильтрат; 8. Контрольные весы; 9. Продуктопровод

Figure 2. General view of installation. 1. The computer for the ultrasonic generator setup; 2. Ultrasonic generator; 3. Ultrasonic emitter; 4. Filter; 5. Filling machine MRp-1/2; 6. Filtered product; 7. Filtrate; 8. Checkweighing scales; 9. Products pipe line

На рисунке 3 представлено фото крепления корпуса фильтра к ультразвуковому излучателю.



Рисунок 3. Закрепление фильтра с керамическим мембранным элементом на концентраторе ультразвукового излучателя

Figure 3. Fastening of the filter (equipped by ceramic membrane element) on the ultrasonic emitter concentrator

На рисунке 4 представлена зависимость производительности установки от давления и частоты ультразвука. Из анализа экспериментальных данных видно, что при работе установки без ультразвука производительность меняется при давлении от 0,1 до 0,4 МПа только 80–140 г/с, а с ультразвуком при 40 мкм 200–680 г/с.

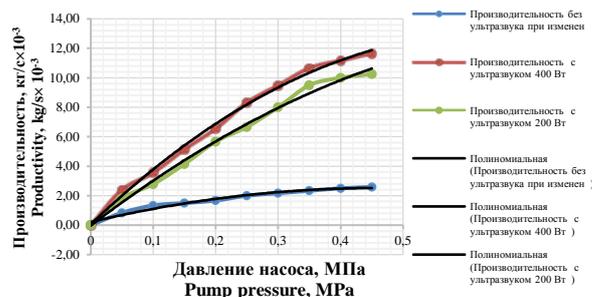


Рисунок 4. Зависимость производительности фильтра от давления в системе и амплитуды колебаний ультразвукового излучателя (0; 20; 40 мкм)

Figure 4. Function of the filter productivity from pressure in the system and amplitude of oscillations of ultrasonic emitter (0; 20; 40 microns).

Получена аппроксимационная зависимость для производительности керамического фильтра от давления в системе (с ультразвуковым излучателем и без включения ультразвука):

$$N \text{ ультразвука}=400 \text{ Вт.}$$

$$\Pi = -18,883P^2 + 242,02P + 3,8273 \quad (1)$$

$$N \text{ ультразвука}=200 \text{ Вт.}$$

$$\Pi = -11,727P^2 + 194,99P - 2,0727 \quad (2)$$

$$N \text{ ультразвука}=0,0 \text{ Вт.}$$

$$\Pi = -7,4459P^2 + 63,117P + 11,515 \quad (3)$$

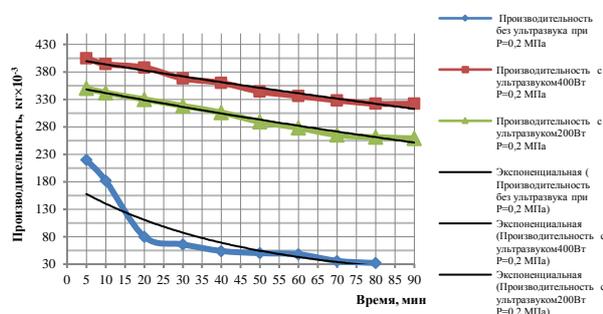


Рисунок 5. Зависимость производительности фильтра от времени фильтрования при различной амплитуде колебаний ультразвукового излучателя (0,20,40 мкм) (забиваемость фильтра)

Figure 5. Function of the filter productivity from the filtering time, with various amplitude of oscillations of ultrasonic emitter (0,20,40 microns) (filter clogging).

Зависимость производительности фильтра от амплитуды колебаний ультразвукового излучателя прослеживается на рисунке 4. При амплитуде ультразвуковых колебаний от 20 до 40 мкм производительность повышается до 600%. Дальнейшее увеличение амплитуды приводит к некоторому снижению производительности, что требует физического обоснования этого явления.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зайчик Ц. Р. Технологическое оборудование винодельческих предприятий. Учебное пособие. М.:ИИФРА. 2014–496 с.
- 2 Прохоренко П. П., Дежкунов Н. В., Коновалов Г. Е. Ультразвуковой капиллярный эффект. Минск.: Наука и техника, 1981. 135 с
- 3 Ратушный Г. Д. К вопросу о применении ультразвука при оклейке вин бентонитом // Виноделие и виноградарство СССР. 1968. № 2. С. 16–18.
- 4 Белоконь В. С., Фридман Б. С. Об осветлении вина бентонитовыми суспензиями, обработанными ультразвуком // Виноделие и виноградарство СССР. 1968. № 7. С. 16.
- 5 Хмелев В. Н., Цыганок С. Н., Барсуков Р. В. Изучение влияния ультразвукового воздействия на процессы осветления облепихового винограда // XII Международная конференция - семинар молодых специалистов по микро- и нанотехнологиям и электронным устройствам EDM' 2011. Бийск, 2011. XII

## 1.2 Результаты и обсуждение

Ультразвуковой излучатель за счёт контактного наложения колебаний ультразвуковых волн на керамический фильтр не только ускоряет процесс фильтрования вин, но и улучшает органолептические показатели. В контрольном вине через двое суток началось вторичное брожение, в то время как опытный образец оставался стабильным в течение года. Таким образом, было установлено, что обработку ультразвуковым методом можно использовать в приготовлении стабильных полусладких вин без внесения консервантов. Опыты показали, что независимо от содержания спирта все образцы, прошедшие обработку, были стабильны в течение длительного периода времени 10–12 месяцев, так как в обработанном вине осталось только 132 мг/дм<sup>3</sup> O<sub>2</sub> и это создало условия неблагоприятные для повторного развития дрожжей.

## Заключение

Найдены рациональные параметры процесса обработки виноматериалов ультразвуком в установке: мощность излучателя 2 Вт/см<sup>2</sup>, время пребывания продукта в фильтре 10 с, производительность 500–680 г/с.

Приведённые аналитические выкладки и результаты эксперимента, что свидетельствуют о работоспособности предложенной схемы обработки виноматериалов. Ультразвуковой излучатель за счёт контактного наложения колебаний волн на керамический фильтр не только повышает эффективность удаления газов, осветления и фильтрования вин, улучшает органолептические показатели, но и стабилизирует работу фильтров, повышает их производительность.

6 НТЦ Вода. URL: <http://ntz-voda.ru/products/23456werr/-0-15.htm>. (дата обращения 27.02.2016)

7 Пат. SU 856495 Керамический фильтр / Белов Б. Г., Зубков А. А. № В01D31; Заявл. 2846903/23–26; Оpubл. 05.12.79.

8 Лобасенко Б. А. Новые конструкции мембранных аппаратов для пищевых производств // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 6. С. 50–51.

9 Пат. № 2178461 Способ холодной пастеризации пива / Горбатюк, В. И., Горбатюк А. В., Горбатюк А. В.; Оpubл. 20.01.2002.

10 Лебедев Н. М., Жирнова Т. И., Седельникова Г. В., Шихов Н. В. Технологии и оборудование для ультразвуковой интенсификации обогатительных процессов // Сборник материалов IX Конгресса обогатителей стран СНГ. 26–28 февраля, 2013. Т 1. С. 338 – 341.

11 Остроумова Т. Л. Концентрирование компонентов молока ультрафильтрацией // Молочная промышленность. 2007. № 3. С. 64–65.

12 Рожнов Е. Д., Кузовников Ю. М., Хмелев В. Н. Влияние ультразвука на процесс осветления облепихового виноматериала // Виноделие и виноградарство. 2011. № 5. С. 14–15.

13 Khmelev V. N., Tsyganok S. N., Barsukov R. V., Sevodin V. P. et al. Studying of ultrasonic treatment effect on sea-buckthorn wine clarification // 12th International Conference and Seminar on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM'2011, 2011. P. 265–268.

14 Хмелев В. Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности. Барнаул: АлтГТУ, 2007. 416 с.

15 Хмелев В. Н., Барсуков Р. В., Шалуннов А. В. Управление работой электронного генератора при ультразвуковом воздействии на кавитирующие технологические среды // Известия Тульского государственного университета. Серия «Технологическая системотехника». 2004. Вып. 2. С. 32–40.

16 Алексеев Г. В., Вороненко Б. А., Гончаров М. В. Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования. СПб: ГИОРД, 2014. 200 с.

17 BTS Engineering. URL: [http://bts-membrane.com/products/membrane\\_filter/](http://bts-membrane.com/products/membrane_filter/) (дата обращения 2.03.2016)

18 Ivanova M. A. et al. Development of an experimental ultrasonic ceramic membrane elements for wine processing. 2015.

## REFERENCES

1 Zaichik Ts. R. Tekhnologicheskoe oborudovanie vinodel'cheskikh predpriyatii [Processing equipment of the wine-making enterprises]. Moscow, INFRA, 2014. 496 p. (in Russian).

2 Prokhorenko P. P., Dezhkunov N. V., Konovalov G. E. Ultrazvukovoi kapillyarnyi effect [Ultrasonic capillary effect]. Minsk, Nauka i tekhnika, 1981. 135 p. (in Russian).

3 Ratushnyi G. D. To a question of application of ultrasound when pasting wines bentonit. *Vinodelie i vinogradarstvo SSSR*. [Winemaking and wine growing of the USSR]. 1968, no. 2, pp. 16–18. (in Russian).

4 Belokon V. S., Friedman B. S. About clarification of wine the bentonite suspensions processed by ultrasound *Vinodelie i vinogradarstvo SSSR*. [Winemaking and wine growing of the USSR]. 1968, no. 7, pp. 16. (in Russian).

5 Khmelev V. N., Tsyganok S. N., Barsukov R. V. Studying of Influence of Ultrasonic Impact on Processes of Clarification of Sea-buckthorn Wine material. *Mezhdunarodnaya konferentsiya-seminar molodykh spetsialistov po mikro- i nanotekhnologiyam EDM'2011* [XII International Conference - Seminar of Young Specialists on Micro and Nanotechnologies and Electron Devices EDM '2011] Biisk, 2011. (in Russian).

6 NTTs Voda [STC Water] Available at: <http://ntz-voda.ru/products/23456werr/-0-15.htm>. (accessed 27.02.2016) (in Russian).

7 Belov B. G., Zubkov A. A. Keramicheskii fil'tr [Ceramic Filter] Patent SU, no. 856495, 1979. (in Russian).

8 Lobasenko B. A. New designs of membrane devices for food productions. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials], 2001, no. 6, pp. 50–51. (in Russian).

9 Gorbatyuk V. I., Gorbatyuk A. V., Gorbatyuk A. V. Sposob kholodnoi pasterizatsii piva [Way of Cold Pasteurization beer] Patent RF, no. 2178461, 2002 (in Russian).

10 Lebedev N. M., Zhimova T. I., Sedel'nikov G. V., Shikhov N. V. Technologies and equipment for an ultrasonic intensification of concentrating processes. *Sbornik materialov IX kongressa obogatitelei stran SNG* [Collection of materials IX of the Congress of dressers of the CIS countries] 2013, vol. 1, pp. 338 – 341. (in Russian).

11 Ostroumova T. L. Concoction of components of milk ultrafilt-handheld transceiver. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2007, no. 3, pp. 64–65. (in Russian).

12 Rozhnov E. D., Kuzovnikov Yu. M., Khmelev V. N. Influence of ultrasound on process of clarification of sea-buckthorn wine material *Vinodelie i vinogradarstvo* [Winemaking and wine growing]. 2011, no. 5, pp. 14–15. (in Russian).

13 Khmelev V. N., Tsyganok S. N., Barsukov R. V., Sevodin V. P. et al. Studying of ultrasonic treatment effect on sea-buckthorn wine clarification. 12th International Conference and Seminar on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM'2011. 2011, pp. 265–268.

14 Khmelev V. N. Ul'trazvukovye mnogofunktsional'nye i spetsializirovannyye apparat [Ultrasonic multipurpose and specialized devices for an intensification of technological processes to industry] Barnaul, AltGTU, 2007. 416 p. (in Russian).

15 Khmelev V. N., Barsukov R. V., Shalunov A. V. Management of operation of the electronic generator at ultrasonic impact on the cavitating technological environments. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta* [News of the Tula state university. Technological System Engineering series]. 2004, issue 2, pp. 32–40. (in Russian).

16 Alekseev G. V., Voronenko B. A., Goncharov M. V. Chislennyye metody pri modelirovanii tekhnologicheskikh mashin i oborudovaniya [Numerical methods when modeling technological machines and the equipment]. Saint-Petersburg, GIORD, 2014, 200 p. (in Russian).

17 BTS Engineering. Available at: [http://bts-membrane.com/products/membrane\\_filter/](http://bts-membrane.com/products/membrane_filter/) (accessed 2.03.2016)

18 Ivanova M. A. et al. Development of an experimental ultrasonic ceramic membrane elements for wine processing. 2015.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Валерий Т. Антуфьев** к.т.н., доцент, кафедра Технологические Машины и Оборудование, Санкт-Петербургский Государственный Университет Информационных Технологий Механики и Оптики. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, Россия, antufjew2010@yandex.ru

**Марина А. Иванова** к.т.н., доцент, кафедра Технологические Машины и Оборудование, Санкт-Петербургский Государственный Университет Информационных Технологий Механики и Оптики. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, Россия, mtomz85@mail.ru

**Алексей А. Понедельченко** аспирант, кафедра Технологические Машины и Оборудование, Санкт-Петербургский Государственный Университет Информационных Технологий Механики и Оптики. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, Россия, alexsey.ap@mail.ru

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Валерий Т. Антуфьев** предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания, консультировал в ходе исследований

**Марина А. Иванова** написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

**Алексей А. Понедельченко** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнил расчеты

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**ПОСТУПИЛА 25.03.2016**

**ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 22.04.2016**

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Valery T. Antufyev** Ph.D., associate professor, Technological machines and Equipment department, St. Petersburg State University of Information Technologies of Mechanics and Optics. Lomonosov, 9, St. Petersburg, Russia, (street, house, city, index, country), antufjew2010@yandex.ru

**Marina A. Ivanova** Ph.D., associate professor, Technological machines and Equipment department, St. Petersburg State University of Information Technologies of Mechanics and Optics. Lomonosov, 9, St. Petersburg, Russia, mtomz85@mail.ru

**Alexey A. Ponedelchenko** graduate student, Technological machines and Equipment department, St. Petersburg State University of Information Technologies of Mechanics and Optics. Lomonosov, 9, St. Petersburg, Russia, alexsey.ap@mail.ru

#### CONTRIBUTION

**Valery T. Antufyev** proposed a scheme of the experiment and organized production trials, consultation during the study.

**Marina A. Ivanova** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

**Alexey A. Ponedelchenko** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

**RECEIVED 3.25.2016**

**ACCEPTED 4.22.2016**