

УДК 621.778.06

doi: 10.18698/0536-1044-2023-7-35-42

Исследование резонансных характеристик колебательных систем волочильных установок

Ю.В. Новиков¹, В.Ю. Новиков²

¹ Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

² РУП «Витебскэнерго»

Studying resonance characteristics of the of drawing installation oscillatory systems

Y.V. Novikov¹, V.Y. Novikov²

¹ Educational institution Vitebsk State Technological University

² Republican Unitary Enterprise Vitebskenergo

Выполнены обзор и численно-аналитический расчет наиболее распространенных ультразвуковых колебательных систем. Проведены измерения резонансных характеристик волноводов на этапе их анализа в САЕ-системе ANSYS. Измерены резонансные характеристики изготовленных акустических систем на экспериментальном ультразвуковом оборудовании. Приведены отличительные особенности биметаллической медно-серебряной проволоки, являющейся перспективным материалом медицинского назначения, электронных компонентов и измерительных преобразователей. Разработана методика синтеза и анализа волноводных систем для волочения биметаллической медно-серебряной проволоки, исключающая операцию подгонки волноводов в процессе их изготовления. Результаты исследований расширяют научные познания о методике синтеза и анализа ультразвуковых колебательных систем волочильных установок и могут быть использованы при проектировании ультразвукового оборудования.

Ключевые слова: ультразвуковые колебательные системы, резонансные характеристики, акустические системы, ультразвуковое оборудование, волочильные установки

The paper presents review and numerical analytical calculation of the most common ultrasonic oscillatory systems. Resonance characteristics of the waveguides were measured at their analysis stage using the ANSYS CAE system. Resonant characteristics of the manufactured acoustic systems were measured on the experimental ultrasonic equipment. Distinctive features of the bimetallic copper-silver wire being a promising material for medical use, electronic components and measuring transducers are provided. Technique was developed for synthesizing and analyzing the waveguide systems for drawing the bimetallic copper-silver wire excluding the waveguide fitting operation in its manufacture. Study results are expanding scientific knowledge in the methodology of synthesis and analysis of the ultrasonic oscillatory systems of the drawing installations and could be used in design of the ultrasonic equipment.

Keywords: ultrasonic oscillatory systems, resonant characteristics, acoustic systems, ultrasonic equipment, drawing installations

Биметаллическая медно-серебряная проволока представляет собой осесимметричное слоистое изделие диаметром 0,35 мм, состоящее из серебряного сердечника, выполняющего роль

каркаса, на котором закреплена медная оболочка. Наличие серебряного сердечника обусловлено тем, что при растворении в период эксплуатации медной оболочки она разрушается

неравномерно в отсутствие центральной жилы, вследствие чего возможно образование фрагментов, приводящих к травмам внутренних органов.

К наиболее эффективным и распространенным современным противозачаточным средствам относятся внутриматочные спирали, основным элементом которых является биметаллическая медно-серебряная проволока, обладающая благодаря меди контрацептивными свойствами.

Цель работы — измерение резонансных характеристик ультразвуковых колебательных систем (УЗКС) для волочения биметаллической медно-серебряной проволоки медицинского назначения и разработка методики синтеза и анализа УЗКС для ее волочения, позволяющей исключить операции подгонки волноводов в процессе их изготовления.

Наиболее характерным видом дефекта в процессе производства биметаллической медно-серебряной проволоки является обрыв сердечника внутри медной трубки, обусловленный различием пластических свойств меди и серебра. Применение мощных ультразвуковых колебаний позволяет интенсифицировать различные технологические процессы, в частности волочение пластичных, труднодеформируемых и композиционных материалов [1].

Использование ультразвуковых колебаний в процессе волочения металлов, являющееся эффективным способом снижения сил трения [2], позволяет уменьшить напряжение деформирования [3], увеличить единичные обжатия за проход и ускорить процесс диффузии металлов [4].

Важно выбрать УЗКС (волновод), позволяющую достичь требуемого результата при обработке металлов давлением. Необходимо рационально сконструировать УЗКС и схему приближения к очагу деформации и определить оптимальные технологические режимы обработки.

Существуют различные численно-аналитические методы расчета УЗКС, построенные на основе дифференциальных уравнений, решение которых представляет сложную задачу [5]. Методы, изложенные в удобном для инженерного расчета виде, не дают полного представления о форме и характере колебаний и вследствие допущений требуют подгонки и доводки УЗКС в процессе ее изготовления.

В настоящее время известны компьютерные пакеты программ, с применением которых

можно выполнить анализ УЗКС с помощью приближенных численных методов, изучить форму колебаний и исключить операции подгонки УЗКС. Одной из самых приемлемых программ является CAE-система ANSYS (Computer Aided Engineering) [6].

Основная задача — отработка методики синтеза УЗКС численно-аналитическими методами и анализа методом Блока — Ланкроста с целью исключения операций подгонки в процессе производства УЗКС, изготовление и апробация УЗКС на ультразвуковом оборудовании.

Ультразвуковые установки, применяемые для волочения проволоки, включают в себя ультразвуковой генератор электрических колебаний, преобразователь этих колебаний в механические, колебательную систему, подводящую колебания в очаг деформации и волочильной машины, которая осуществляет процесс деформирования и соединения с акустической системой.

Колебательная система, используемая для интенсификации процесса волочения, должна обеспечивать максимальный отбор акустической энергии от преобразователя и ее передачу деформируемому материалу. В зависимости от закона изменения сечения используют следующие колебательные системы — цилиндрические, ступенчатые, конические, экспоненциальные и их различные комбинации [7, 8].

Также для усиления колебаний применяют сложение колебаний от нескольких преобразователей через один или несколько концентраторов. Наибольшее распространение получили продольные колебания. Известно также большое количество концентраторов, использующих колебания другого типа: изгибные, крутильные, радиальные или комбинированные [9–12].

Благодаря простой конструкции и малому парку ультразвукового оборудования при производстве проволоки применяют концентраторы с продольными колебаниями. Использование колебаний другого типа не всегда приводит к значительному повышению качественных и количественных показателей волочения и свойств проволоки.

Отсюда можно сделать вывод, что оптимальными конструкциями УЗКС, применяемыми при волочении, являются цилиндрические, ступенчатые и конические концентраторы. Их синтез проводили по методике, предложенной И.И. Теуминым, изложенной в удобной для инженерного расчета форме [5].

В качестве объектов исследования рассматривали УЗКС, предназначенные для волочения различных материалов: ступенчатый концентратор с резьбовой фиксацией волокни, ступенчатый концентратор с запрессованной волокой, ступенчатый концентратор со свободной волокой и конический концентратор с отверстиями в виде волочильных каналов.

Исходными параметрами исследуемых УЗКС являлись: резонансная частота $f = 18$ кГц; плотность материала (нержавеющей стали) — 7800 кг/м³; модуль Юнга — $2,1 \cdot 10^{11}$ Па; коэффициент Пуассона — $0,3$.

Продольные колебания УЗКС описывали волновым уравнением [5]

$$\frac{d^2 \xi_m}{dx^2} + \frac{1}{S} \frac{dS}{dx} \frac{d\xi_m}{dx} + \frac{w^2}{v^2} \xi_m = 0,$$

где ξ_m — амплитуда продольных смещений, м; S — площадь поперечного сечения концентратора, м²; w — волновое сопротивление материала концентратора, кг/м²·с; v — скорость распространения упругой волны в материале, м/с.

Расчет УЗКС проводили для установившегося процесса, который можно описать в виде общих выражений для распределения сил и скоростей в различных точках этой системы [5]:

$$\begin{cases} F_m = F_{ml} \operatorname{ch} \gamma x + \dot{\xi}_{ml} w \operatorname{sh} \gamma x; \\ \dot{\xi}_m = \dot{\xi}_{ml} \operatorname{ch} \gamma x + \frac{F_{ml}}{w_0} \operatorname{sh} \gamma x, \end{cases}$$

где F_m , F_{ml} и $\dot{\xi}_m$, $\dot{\xi}_{ml}$ — силы и скорости на расстоянии x от конца УЗКС и на конце УЗКС соответственно, Н и м/с; γ — постоянная распространения, м⁻¹.

Выражение, связывающее собственную частоту УЗКС с ее длиной l , можно получить из условия обращения в нуль относительной деформации на концах УЗКС (граничное состояние) [5]:

$$\frac{d\xi_{ml}}{dS_l} \Big|_{l=0} = 0; \quad \frac{d\xi_{ml}}{dS_l} \Big|_{l=l} = 0.$$

В соответствии с этим далее выражения представлены в удобной для инженерного расчета форме.

Волновое сопротивление среды определяли по выражению

$$w = \rho c,$$

где ρ — плотность материала УЗКС, кг/м³; c — скорость звука в материале УЗКС, м/с.

Скорость распространения упругой волны в стержне

$$v_{ml} = v \left(1 - \frac{\gamma^2 \alpha S^2}{\pi} \right),$$

где α — волновое число, кг/м³, $\alpha = w/v$.

Длину концентратора определяли по следующим выражениям:

- для однородной стержневой УЗКС

$$l = \frac{v_{ml}}{2f};$$

- для конической стержневой УЗКС

$$l = \sqrt{\frac{(\eta\pi)^2 + 4 \left(\frac{d_0 - d_1}{d_0 + d_1} \right)^2}{\pi^2}},$$

где η — количество полуволн; d_0 и d_1 — диаметры широкого и узкого концов системы, м.

Амплитуду механических колебаний выходного торца УЗКС вычисляли следующим образом:

$$\xi_{ml} = k \xi_{m0},$$

где k — коэффициент усиления УЗКС; ξ_{m0} — амплитуда механических колебаний входного торца УЗКС, м.

Резонансные характеристики исследуемых УЗКС в процессе волочения биметаллической проволоки определяли с помощью экспериментальной установки, включавшей в себя экспериментальный волочильный стан, ультразвуковой генератор УЗГ 2-4 и магнитострикционный преобразователь ПМС 15А-18.

Волочение осуществляли через волокнистые каналы, выполненные в коническом концентраторе. В качестве смазки использовали мыльный раствор. Скорость волочения составляла $0,3$ м/с. Процесс волочения выполняли при комнатной температуре.

Блок-схема экспериментальной установки показана на рис. 1, внешний вид эксперимен-

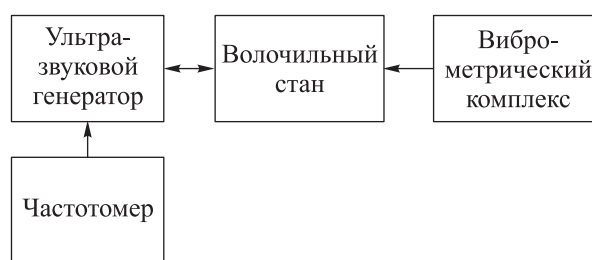


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки



Рис. 2. Внешний вид экспериментального волоочильного стана с ультразвуковым генератором УЗГ 2-4 и магнитострикционным преобразователем ПМС 15А-18

тального волоочильного стана с ультразвуковым генератором УЗГ 2-4 и магнитострикционным преобразователем ПМС 15А-18 — на рис. 2. Частота и амплитуда возбуждаемых колебаний непрерывно фиксировались частотомером ЧЗ-34А и бесконтактным виброметром УВМ-3М-НЧ.

Значения резонансных характеристик исследуемых УЗКС (рис. 3), полученные численно-

аналитическим расчетом, проведенным по методике И.И. Теумина, приведены в таблице.

Анализ резонансных характеристик УЗКС, полученных численно-аналитическим методом, позволяет сделать вывод, что наибольшее усиление колебаний достигается при использовании конического концентратора, однако его конструкция усложнена отверстиями в виде волоочильных каналов.

В первом концентраторе (рис. 3, а) волоку закрепляли в пучности смещений волновода продольных колебаний с помощью резьбового соединения, во втором (рис. 3, б) — ее запрессовывали в концентратор, в третьем — прижимали к поверхности концентратора, имеющую наибольшую пучность смещений. В четвертом концентраторе выполняли волоочильные каналы (рис. 3, в). В концентраторах возникали продольные колебания.

Значения резонансных характеристик УЗКС, полученные путем экспериментального исследования (измерений) и модального анализа в САЕ-системе ANSYS, также приведены в таблице.

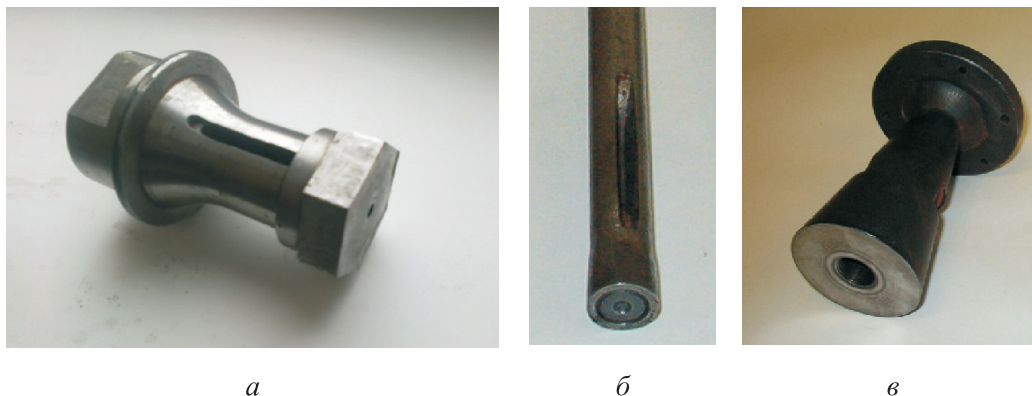


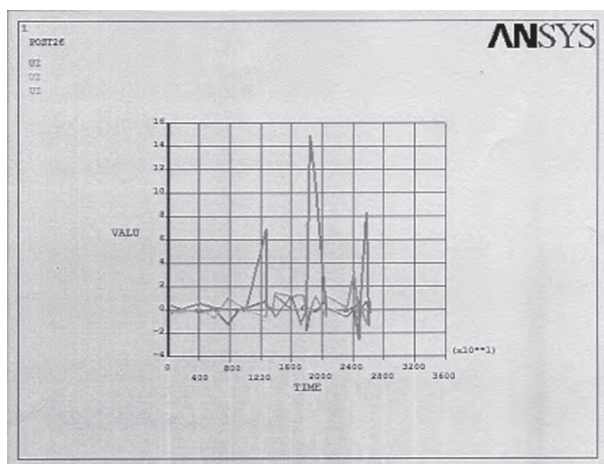
Рис. 3. Внешний вид исследуемых УЗКС: а — ступенчатого концентратора с резьбовой фиксацией волоки; б — ступенчатого концентратора с запрессованной волокой; в — конического концентратора с отверстиями в виде волоочильных каналов

Значения резонансных характеристик исследуемых УЗКС, полученные разными методами

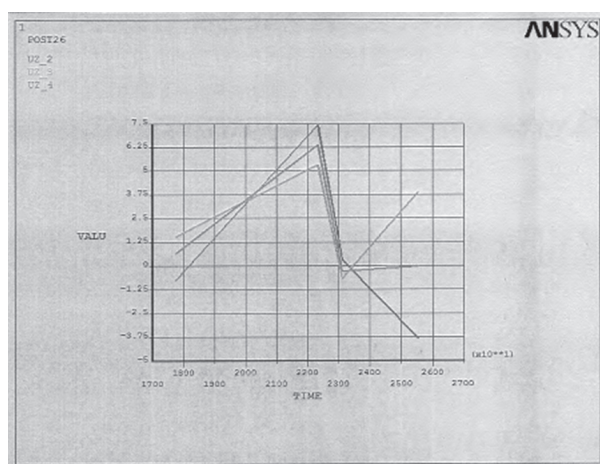
Тип УЗКС	Длина концентратора, мм	Коэффициент усиления	Резонансная частота, кГц	Форма и характер колебаний
<i>При исследовании численно-аналитическим методом</i>				
Ступенчатый концентратор с резьбовой фиксацией волоки	141,6	1,50	18,0	–
Ступенчатый концентратор с запрессованной волокой	141,6	1,50	18,0	–
Ступенчатый концентратор со свободной волокой	141,6	1,50	18,0	–
Конический концентратор с отверстиями в виде волоочильных каналов	148,0	2,82	18,0	–

Окончание таблицы

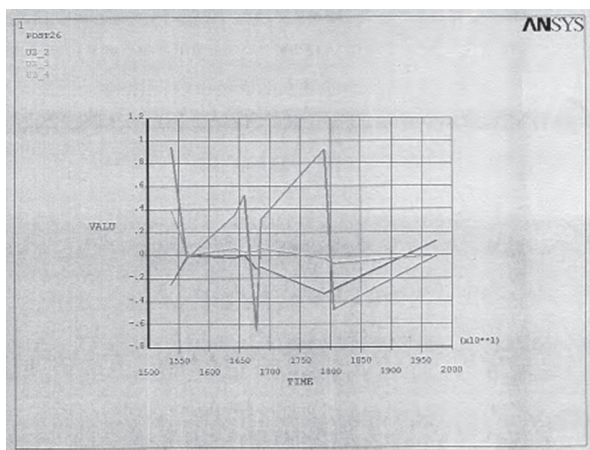
Тип УЗКС	Длина концентратора, мм	Коэффициент усиления	Резонансная частота, кГц	Форма и характер колебаний
<i>При экспериментальном исследовании</i>				
Ступенчатый концентратор с резьбовой фиксацией волокна	141,6	1,67	18,9	Преимущественно продольные
Ступенчатый концентратор с запрессованной волокой	141,6	1,43	17,8	
Ступенчатый концентратор со свободной волокой	141,6	1,61	17,5	
Конический концентратор с отверстиями в виде волоочильных каналов	148,0	2,51	17,9	
<i>При исследовании путем модального анализа в САЕ-системе ANSYS</i>				
Ступенчатый концентратор с резьбовой фиксацией волокна	141,6	1,75	19,2	Преимущественно продольные (97 %)
Ступенчатый концентратор с запрессованной волокой	141,6	1,36	17,7	Преимущественно продольные (88 %)
Ступенчатый концентратор со свободной волокой	141,6	1,69	17,1	Преимущественно продольные (99 %)
Конический концентратор с отверстиями в виде волоочильных каналов	148,0	2,38	17,8	Преимущественно продольные (94 %)



а



б



в

Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики УЗКС, полученные в САЕ-системе ANSYS:
 а — ступенчатого концентратора с резьбовой фиксацией волокна ($f = 19,2$ кГц);
 б — ступенчатого концентратора с запрессованной волокой ($f = 22,4$ кГц);
 в — конического концентратора с отверстиями в виде волоочильных каналов ($f = 17,8$ кГц)

На трехмерных моделях исследуемых концентраторов, построенных в САЕ-системе ANSYS, отчетливо видна форма колебаний УЗКС (рис. 4). С помощью TimeHist Postpro в различных точках акустических систем измерялись амплитуды колебаний. В исследуемых УЗКС преимущественно присутствуют продольные колебания (88...99 %). Численно-аналитический метод не дает никакого представления о форме колебаний в синтезируемых УЗКС.

Построенные в САЕ-системе ANSYS формы колебаний исследуемых УЗКС схожи с интерферограммами амплитуды смещений концентратора в виде диска с отверстиями, приведенными в работе [13]. По полученным значениям амплитуд смещений различных участков концентратора авторы определяли местоположение волоочильных каналов в местах, где амплитуда смещений имеет максимальное значение. По построенным графическим зависимостям можно найти оптимальное положение волоочильных каналов в месте, имеющем максимальную амплитуду смещений волновода.

Результаты измеренных резонансных частот ступенчатых концентраторов отличаются от расчетных на 1,1...4,7 %.

Погрешность теоретических значений коэффициентов усиления составляет 4,7...11,0 %, резонансных частот — 0,6...2,3 %, коэффициентов усиления — 4,6...4,9 %. В коническом концентраторе измеренные резонансные характе-

ристики отличались от полученных в САЕ-системе ANSYS на 0,6 %.

Таким образом, модальный анализ в САЕ-системе ANSYS позволяет получить более схожие с реальными значения резонансных частот и коэффициентов усиления, чем численно-аналитический метод.

Выводы

1. Установлено, что модальный анализ в САЕ-системе ANSYS дает четкое представление о форме колебаний УЗКС. В исследованных акустических системах преимущественно (88...99 %) присутствовали продольные колебания, остальные были поперечными.

2. Модальный анализ УЗКС в САЕ-системе ANSYS позволяет получать схожие с реальными резонансные частоты с отклонением 0,6...2,3 % и коэффициенты усиления с расхождением 4,6...4,9 %. Использование численно-аналитическим методом дает погрешность 1,1...4,7 % для резонансных частот и 4,7...11 % для коэффициентов усиления. По сравнению с численно-аналитическим методом, модальный анализ методом Блока — Ланкроста в САЕ-системе ANSYS обеспечивает возможность получения амплитудно-частотных характеристик УЗКС, приближенных к реальным.

3. Рассмотренная методика синтеза и анализа УЗКС позволяет исключить операции подгонки волноводов в процессе их изготовления.

Литература

- [1] Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В. *Ультразвук в технологии производства композиционных кабелей*. Минск, Белорусская наука, 2012. 295 с.
- [2] Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В. *Ультразвук и пластичность*. Минск, Наука и техника, 1976. 448 с.
- [3] Киселев Е.С. *Интенсификация процессов механической обработки использованием энергии ультразвукового поля*. Ульяновск, УлГТУ, 2003. 186 с.
- [4] Кулемин А.В. *Ультразвук и диффузия в металлах*. Москва, Металлургия, 1978. 200 с.
- [5] Теумин И.И. *Ультразвуковые колебательные системы*. Москва, Машгиз, 1959. 331 с.
- [6] Абрамова А.В. *Анализ методов расчета и конструирования волноводных систем для ультразвуковых установок технологического назначения*. Материалы, технологии, инструменты, 2012, т. 17, № 3, с. 90–96.
- [7] Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В. *Прокатка и волочение с ультразвуком*. Минск, Наука и техника, 1970. 287 с.
- [8] Клубович В.В., Рубаник В.В. *Устройство для волочения металла с использованием ультразвуковых колебаний*. Патент СССР 778853. Заявл. 16.11.1978, опубл. 15.11.1980.
- [9] Розенберг Л.Д., ред. *Физика и техника мощного ультразвука*. Кн. 1. *Источники мощного ультразвука*. Москва, Машиностроение, 1967. 380 с.
- [10] Северденко В.П., Клубович В.В., Степаненко А.В. *Обработка металлов давлением с ультразвуком*. Минск, Наука и техника, 1973. 288 с.

- [11] Сучков А.Г. *Устройство для волочения труб с применением радиальных ультразвуковых колебаний*. Патент РФ 2271889. Заявл. 27.10.2004, опубл. 20.03.2006.
- [12] Асташев В.К., Семенова Е.Б. *Устройство для волочения изделий с использованием ультразвуковых колебаний*. Патент СССР 1731334. Заявл. 24.01.1990, опубл. 07.05.1992.
- [13] Клубович В.В., Рубаник В.В., Бобров В.П. и др. *Голографический метод исследований режимов работы колебательной системы*. Рук. деп. в ВИНТИ № 3244-В89. 11 с.

References

- [1] Klubovich V.V., Rubanik V.V., Tsarenko Yu.V. *Ultrazvuk v tekhnologii proizvodstva kompozitsionnykh kabeley* [Ultrasound in the technology of composite cable production]. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2012. 295 p. (In Russ.).
- [2] Severdenko V.P., Klubovich V.V., Stepanenko A.V. *Ultrazvuk i plastichnost* [Ultrasound and plasticity]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1976. 448 p. (In Russ.).
- [3] Kiselev E.S. *Intensifikatsiya protsessov mekhanicheskoy obrabotki ispolzovaniem energii ultrazvukovogo polya* [Intensification of machining processes using the energy of the ultrasonic field]. Ulyanovsk, UIGTU Publ., 2003. 186 p. (In Russ.).
- [4] Kulemin A.V. *Ultrazvuk i diffuziya v metallakh* [Ultrasonic and diffusion in metals]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1978. 200 p. (In Russ.).
- [5] Teumin I.I. *Ultrazvukovye kolebatelnye sistemy* [Ultrasonic vibrating systems]. Moscow, Mashgiz Publ., 1959. 331 p. (In Russ.).
- [6] Abramova A.V. Analysis of methods of calculation and design of waveguide systems for ultrasonic technological installation. *Materialy, tekhnologii, instrumenty*, 2012, vol. 17, no. 3, pp. 90–96. (In Russ.).
- [7] Severdenko V.P., Klubovich V.V., Stepanenko A.V. *Prokatka i volochenie s ultrazvukom* [Rolling and drawing with ultrasound]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1970. 287 p. (In Russ.).
- [8] Klubovich V.V., Rubanik V.V. *Ustroystvo dlya volocheniya metalla s ispolzovaniem ultrazvukovykh kolebaniy* [Apparatus for drawing metal with use of ultrasonic oscillations]. Patent USSR 778853. Appl. 16.11.1978, publ. 15.11.1980. (In Russ.).
- [9] Rozenberg L.D., ed. *Fizika i tekhnika moshchnogo ultrazvuka*. Kn. 1. *Istochniki moshchnogo ultrazvuka* [Physics and technique of power ultrasound. Vol. 1 Sources of power ultrasound]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1967. 380 p. (In Russ.).
- [10] Severdenko V.P., Klubovich V.V., Stepanenko A.V. *Obrabotka metallov davleniem s ultrazvukom* [Metal pressure treatment with ultrasound]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1973. 288 p. (In Russ.).
- [11] Suchkov A.G. *Ustroystvo dlya volocheniya trub s primeneniem radialnykh ultrazvukovykh kolebaniy* [Tube drawing apparatus using radial ultrasonic oscillations]. Patent RU 2271889. Appl. 27.10.2004, publ. 20.03.2006. (In Russ.).
- [12] Astashev V.K., Semenova E.B. *Ustroystvo dlya volocheniya izdeliy s ispolzovaniem ultrazvukovykh kolebaniy* [Device for drawing articles with the use of ultrasonic vibrations]. Patent USSR 1731334. Appl. 24.01.1990, publ. 07.05.1992. (In Russ.).
- [13] Klubovich V.V., Rubanik V.V., Bobrov V.P. et al. *Golograficheskiy metod issledovaniy rezhimov raboty kolebatelnoy sistemy* [Holographic method of investigating the modes of operation of vibrating system]. Ruk. dep. v VINITI no. 3244-V89. 11 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 31.12.2022

Информация об авторах

НОВИКОВ Юрий Васильевич — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов». Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» (210035, Витебск, Республика Беларусь, Московский проспект, д. 72, e-mail: nov_u_vik@mail.ru).

НОВИКОВ Владислав Юрьевич — инженер-исследователь. РУП «Витебскэнерго» (210604, Витебск, Республика Беларусь, ул. Максима Горького, д. 104, e-mail: novikowu@gmail.com).

Information about the authors

NOVIKOV Yuri Vasilievich — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Automation of Production Processes. Educational institution Vitebsk State Technological University (210035, Vitebsk, Republic of Belarus, Moskovskiy Ave., Bldg. 72, e-mail: nov_u_vik@mail.ru).

NOVIKOV Vladislav Yuryevich — Research Engineer. Republican Unitary Enterprise Vitebskenergo (210604, Vitebsk, Republic of Belarus, Maxim Gorky St., Bldg. 104, e-mail: novikowu@gmail.com).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Новиков Ю.В., Новиков В.Ю. Исследование резонансных характеристик колебательных систем волоочильных установок. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2023, № 7, с. 35–42, doi: 10.18698/0536-1044-2023-7-35-42

Please cite this article in English as:

Novikov Y.V., Novikov V.Y. Studying resonance characteristics of the of drawing installation oscillatory systems. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2023, no. 7, pp. 35–42, doi: 10.18698/0536-1044-2023-7-35-42



Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана предлагает читателям учебное пособие «Основы академического письма»

Авторы: Е.А. Орлов, Н.Н. Романова, Т.П. Скорикова

Посвящено выработке навыков академического письма на русском языке как иностранном (РКИ). Издание структурировано по тематическому принципу и содержит материал по развитию грамматических навыков академического письма, созданию вторичных научных текстов, а также написанию первичного научного текста — статьи и доклада (презентации). Пособие соответствует содержанию и требованиям государственного стандарта по РКИ (уровень ТРКИ-2), а также рабочим программам по дисциплине «Русский язык как иностранный» для учащихся указанного уровня на различных образовательных этапах.

Для иностранных магистрантов и аспирантов МГТУ им. Н.Э. Баумана, владеющих русским языком в объеме первого сертификационного уровня. Материалы пособия также могут использоваться для занятий по учебным курсам «Русский язык и культура речи», «Культура научной речи» для российских и иностранных студентов и аспирантов.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;
press@bmstu.ru; <https://bmstu.press>