

реализует функцию очистки памяти и сброс всех вычислений, а нажатие на кнопку «Сохранить» позволяет сохранить текущий график в виде растрового изображения в формате PNG.

Помимо графика спектра в программе можно построить график исходного сигнала, оконной функции и результата умножения сигнала на оконную функцию. При построении амплитудного спектра можно выбрать масштаб осей: в абсолютных единицах, логарифмический по оси абсцисс, логарифмический по оси ординат, или логарифмический по обеим осям. Помимо этого, можно выбрать тип графика «Plot» при котором график прорисовывается в виде линий или «Stem» при котором график прорисовывается как дискретный набор данных.

#### Список литературы

1. Опенгейм А.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. / Под ред. С.Я. Шаца. – М.: Связь, 1979. – 416 с.
2. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов: пер. с англ. / Под ред. Ю.Н. Александрова. – М.: Мир, 1978. – 848 с.
3. Shenoі V.A. Introduction to digital signal processing and filter design. John Wiley & Sons, Inc., 2006, 423 p.
4. Смагин А.В., Яковлев А.Ю., Масленников А.Л. Программа для исследования методов моделирования Монте-Карло в задачах численного интегрирования // Научный потенциал молодежи и технический прогресс: Материалы II международной студенческой научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2019. – С. 9-11. – DOI: 10.26160/2618-7493-2019-2-9-11.
5. Stoica P., Moses R. Spectral Analysis of Signals. Prentice Hall, Inc., 2005, 427 p.
6. Ljung L. System Identification Theory for the user. 2<sup>nd</sup> edition. Prentice Hall, Inc., 1999, 609 p.

*Сведения об авторах:*

**Каширов Егор Сергеевич** – студент, МГТУ имени Н.Э. Баумана, г.Москва;

**Эфендиева Айна Ариф Кызы** – студентка, МГТУ имени Н.Э. Баумана, г.Москва;

**Масленников Андрей Леонидович** – старший преподаватель кафедры «Системы автоматического управления», МГТУ имени Н.Э. Баумана, г.Москва.

УДК 681.5

<https://doi.org/10.26160/2541-9579-2019-6-13-16>

## АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА КРИТИЧЕСКОГО ИЗНОСА РЕЗЦА ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

*Игнатъев М.А., Игнатъев А.А.*

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г.Саратов*

**Ключевые слова:** токарная обработка, критический износ, распознавание.

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются методы контроля износа резца при токарной обработке, предлагается алгоритм для определения момента критического износа режущего инструмента по виброакустическим колебаниям.

## ALGORITHM FOR DETERMINING THE MOMENT OF CRITICAL WEAR OF CUTTER DURING TURNING

*Ignatiev M.A., Ignatiev A.A.*

*Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov*

**Keywords:** turning, critical wear, recognition.

**Abstract.** This article discusses methods of controlling the wear of the cutter during turning, proposes an algorithm for determining the moment of critical wear of the cutting tool by vibroacoustic oscillations.

В процессе токарной обработки материалов несвоевременная смена резца может привести к браку изготавливаемых деталей или к неоптимальному использованию ресурса режущего инструмента, а, следовательно, к снижению качества деталей и финансовым потерям. В связи с этим возникла потребность в создании системы контроля критического износа резца при точении труднообрабатываемых материалов.

Целью данной работы является разработка алгоритма для определения момента начала критического износа резца при точении труднообрабатываемых материалов.

Активный контроль износа резца можно произвести как прямыми методами, так и косвенными. Применение прямых методов контроля износа резца (лазерные, электромеханические, ультразвуковые и др.) в производственных условиях является затруднительным и нерациональным. К косвенным методам относятся: измерение температуры резания и электрических характеристик зоны резания, измерение термоэлектродвижущей силы резания, силовые измерения, измерение мощности резания, виброакустические измерения.

Одним из надежных в реализации методов является виброакустический метод обнаружения критического износа резца, который заключается в математической обработке сигнала с датчика вибраций.

Для дальнейшего определения момента начала критического износа резца необходимо усреднить массив показателей колебательности методом скользящего среднего. Следующим шагом является нахождение разности между соседними усредненными значениями показателя колебательности:

$$\Delta_i = MA_{i+1} - MA_i. \tag{4}$$

Если выражение  $\Delta_{i+1} \geq 2\Delta_i$  верно, значит резец вошел в состояние критического износа и необходима его замена или перезаточка.

Алгоритм распознавания удобно отобразить в виде блок-схемы (рис. 1). Работа данного алгоритма представлена графически на рис. 2.

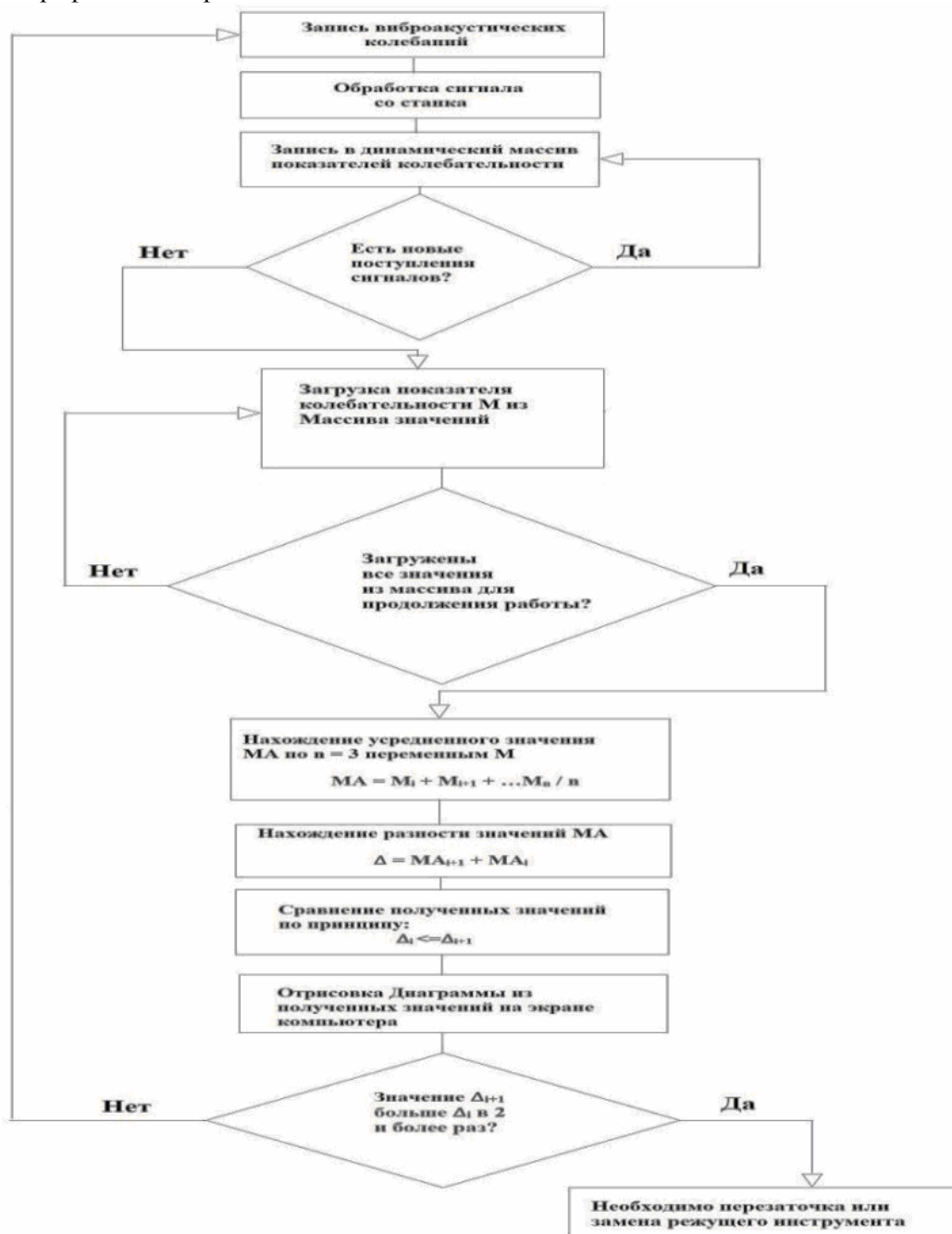


Рис. 1. Алгоритм определения момента начала критического износа резца при токарной обработке

После снятия показаний с виброакустического датчика строится автокорреляционная функция (АКФ), которая аппроксимируется по формуле:

$$K(\tau) = A \cdot e^{-\alpha\tau} \cdot (1 + m \cdot \cos(\Omega \cdot \tau) \cdot \cos(\omega_0 \cdot \tau)), \tag{1}$$

где  $A$  – постоянный коэффициент,  $\alpha$  – коэффициент затухания,  $\omega_0$  – частота огибающей АКФ,  $\Omega$  – основная частота,  $m$  – коэффициент модуляции.

Выполняя тригонометрические преобразования, получим выражение для передаточной функции:

$$W(p) = \frac{A(1+m)\sqrt{2}[(p+\alpha)^2 + \omega_0^2]}{[(p+\alpha)^2 + (\omega_0 + \Omega)^2][(p+\alpha)^2 + (\omega_0 - \Omega)^2]} \quad (2)$$

Из теории автоматического управления известно, что показатель колебательности  $M$  рассчитывается по формуле

$$M = \frac{[A(\omega)]_{\max}}{A(0)}, \quad (3)$$

где  $A(\omega)$  – амплитудно-частотная характеристика.

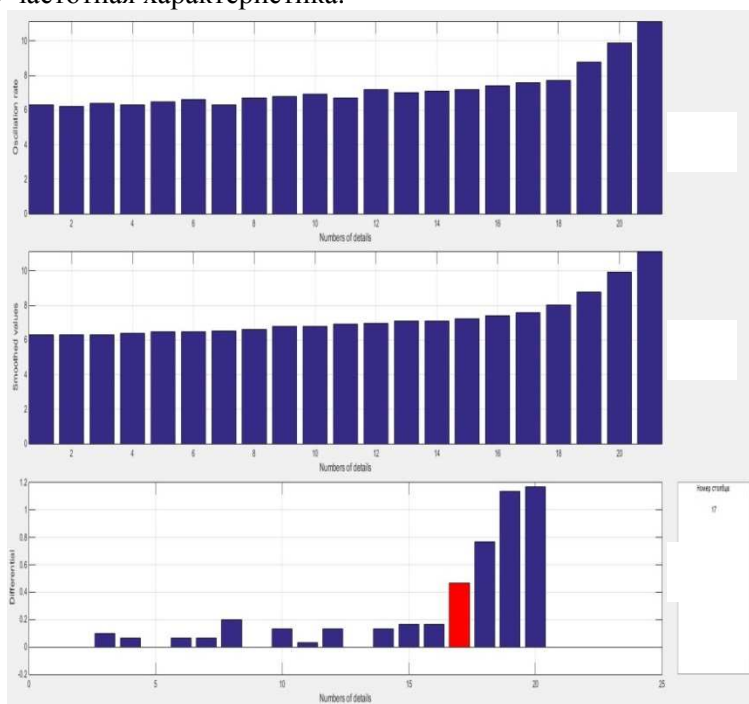


Рис. 2. Графическое представление работы алгоритма определения момента критического износа реза при токарной обработке: 1 – показатель колебательности; 2 – сглаженный показатель колебательности по значениям; 3 – разность между соседними сглаженными значениями показателя колебательности

Данный алгоритм был реализован на объектно-ориентированном языке программирования C++ (рис. 3).

```

Количество деталей:
6
Показатели колебательности:
6.3
6.6
6.5
6.2
6.8
7
Усредненные значения:
6.46667
6.43333
6.5
6.66667
Разница соседних значений:
-0.0333333
0.0666667
0.166667
Момент начала критического износа: деталь №4
    
```

Рис 3. Пример работы программы для определения момента критического износа реза при токарной обработке

Представленная в данной работе методика определения момента критического износа реза при токарной обработке необходима для сокращения количества бракованных деталей, связанных с поздней заточкой или заменой режущего инструмента, а также для оптимального расхода рабочего ресурса реза.

**Список литературы**

1. Игнатъев А.А., Коновалов В.В., Игнатъев С.А. Идентификация в динамике станков с использованием стохастических методов: монография. Саратов, СГТУ, 2014. 125 с.
2. Игнатъев А.А., Каракозова В.А., Игнатъев С.А. Методы идентификации динамических объектов: учебное пособие. Саратов, СГТУ, 2014. 56 с.
3. Бржозовский Б.М., Игнатъев А.А., Мартынов В.В., Схиртладзе А.Г. Диагностика и надежность автоматизированных систем: учебник. Старый Оскол: ТНТ, 2011. 353 с.

*Сведения об авторах:*

**Игнатъев Максим Алексеевич** – студент направления «Автоматизация технологических процессов и производств», СГТУ им. Гагарина Ю.А., г.Саратов;

**Игнатъев Александр Анатольевич** – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Технология и системы управления в машиностроении», СГТУ им. Гагарина Ю.А., г.Саратов.

УДК 378.14.026:621.81

<https://doi.org/10.26160/2541-9579-2019-6-16-17>

## МОДЕЛИ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

*Мигранов А.М.*

*Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа*

**Ключевые слова:** детали машин, механические передачи, зубчатые передачи, ременные передачи, фрикционные передачи, цепные передачи.

**Аннотация.** Для повышения эффективности, качества учебного процесса и уровня усваиваемости студентами лекционного материала и практических занятий при изучении технических дисциплин в условиях подготовки бакалавров, где количество аудиторных часов существенно сокращены, актуальной проблемой становится использование и внедрение новых дидактических многомерных инструментов в виде логико-смысловых моделей (ЛСМ). В работе сделана попытка разработки и представлены ЛСМ при изучении основных традиционно используемых в машиностроении типов передач по дисциплине «Детали машин».

## MODELS OF TEACHING TECHNICAL DISCIPLINES

*Migranov A.M.*

*Ufa state aviation technical university, Ufa*

**Keyword:** machine parts, mechanical transmissions, gears transmissions, belt transmissions, friction transmissions, chain transmissions.

**Abstract.** To improve the efficiency, quality of the educational process and the level of assimilation by students of lecture material and practical training in the study of technical disciplines in the conditions of bachelor's training, where the number of classroom hours is significantly reduced, the actual problem is the use and introduction of new didactic multidimensional tools in the form of logical – semantic models (LSM). The paper attempts to develop and present LSM in the study of the main types of gears traditionally used in mechanical engineering in the discipline "machine Parts".

Мыслительный процесс состоит в том, что человек воспринимает реальный объект (внешний план), перекодирует информацию (процесс интериоризации), создает внешний образ (внутренний план), под которым производит мыслительные операции. Затем происходит обратный процесс перехода от внутреннего образа к внешнему – процесс экстериоризации. Качество мышления во многом зависит от адекватности реального объекта и внутреннего образа.

Учебный материал в вербальной форме воспринимается левым полушарием мозга. Для включения правого полушария, отвечающего за образное мышление, в работе [1-3] предлагается использовать в качестве дидактических инструментов логико-смысловые модели.

Дидактические многомерные инструменты условно изображаются в одной плоскости. Один из видов дидактических многомерных инструментов – логико-смысловая модель (ЛСМ) [4]. ЛСМ изображаются многомерной плоской системой координат, в центре которой указано название темы. Информация на ней представляется в свернутом виде названиями осей координат и ключевыми словами опорных узлов на осях.

На наш взгляд в настоящее время изучение дисциплины «Детали машин» вызывает у студентов определенную сложность по ряду причин: эта дисциплина является завершающей для общетехнической подготовки (после изучения математики, физики, инженерной и компьютерной графики, теоретической механики, сопротивления материалов, теории механизмов и машин и т.д.) и формирует базовые знания будущего инженерно-технического работника; завершается выполнением серьезного и объемного курсового проекта путем приобретения навыков работы со справочной и научной литературой, со всеми расчетами и допущениями, принятием различных расчетных схем и их обоснование, с защитой выполненной работы. Для этого были разработаны ЛСМ в части изучения различных типов передач по дисциплине «Детали машин», одна из которых представлена на рис. 1.