

П.А. Становский, канд. техн. наук, Л.В. Бовнегра, доц., канд. техн. наук,  
Ю.В. Шихирева

*Одесский национальный политехнический университет*

## Автоматизированный мониторинг протекания технологических процессов с помощью низкочастотных видеопотоков

Для оценки состояния режущего инструмента по мере его износа предложено использовать видеосъемку сходящей стружки с последующим параболическим преобразованием полученного при этом видеопотока. Показан метод обучения системы диагностики состояния инструмента. Определены параметры настроек преобразования и предложен критерий работоспособности инструмента.  
**режущий инструмент, видеосъемка, параболические преобразования**

Профессиональный токарь всегда сможет «на глазок» определить момент, когда износ режущего инструмента превысил допустимые нормы, и его следует заточить или заменить. Однако современные автоматизированные предприятия нуждаются совсем в другом подходе: оценку степени износа инструмента необходимо выполнять автоматически, в процессе работы станка.

В последнее время появились работы, в которых оценку состояния режущего инструмента производят, исследуя фотографическое изображение зоны его износа [1]. Такой подход обладает, по крайней мере, двумя существенными недостатками:

- во-первых, для визуализации изображения необходимо остановить станок, снять инструмент, сфотографировать его и установить на место, что требует затрат времени и представляет собой грубое вмешательство в производственный процесс;
- одиночное изображение малоинформативно, и по нему трудно судить о работоспособности инструмента на момент фотографирования.

Поэтому *целью настоящей работы* было создание условий для автоматической оценки степени износа металлорежущего инструмента с помощью анализа не отдельной фотографии, а нескольких кадров видеопотока из зоны резания, то есть по видеоизображению сливной стружки (рис. 1).

Для практической реализации этой цели выбор двух кадров видеопотока начинается с задания пользователем начальной длины  $L_{\text{Енач}}$  (измеренной в количестве кадров;  $L_{\text{Енач}} \geq 2$ ) элементарного интервала видеопотока (ЭИВ), в рамках которого осуществляется оценивание существенности изменений в последнем. В работе принимали начальную длину  $L_{\text{Енач}} = 50$ . Длина интервала  $L_{\text{Енач}}$  и частота кадров  $f_k$  определяли начальный интервал времени между проверками существенности изменений видеопотока:

$$\tau_{\text{Снач}} = L_{\text{Енач}} / f_k. \quad (1)$$

скорости изменения изображения состояла в изменении длины ЭИВ и расстояния между двумя кадрами:

$$L_{\text{адапт}} = \text{Int} \left( L_{\text{Енач}} \frac{v_2}{v_1} \right), \quad (2)$$

где  $v_1$  – скорость изменения изображения между кадрами в предыдущем ЭИВ;  
 $v_2$  – вычисляется по формуле:

$$v_2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \Delta z_{ij}}{NM \Delta \tau} \left[ \frac{\text{единица яркости}}{\text{с} \cdot \text{пикс}^2} \right], \quad (3)$$

где  $\Delta \tau$  – промежуток времени между кадрами видеопотока;  $\Delta z_{ij}$  – изменение яркостей соответствующих пикселей с координатами  $i$  и  $j$  за время  $\Delta \tau$ .

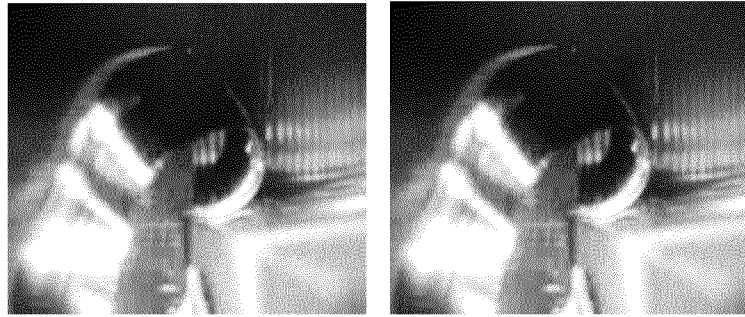


Рисунок 1 – Видео сливной стружки из зоны резания: два смежных кадра видеопотока

Оценим максимально возможное значение  $v$ . Оно достигается тогда, когда все пиксели за один кадр ( $\Delta \tau = 1$ ) меняются от 0 до 255 или наоборот. Из (3) вытекает, что  $v_{\text{max}} = 255$ . Далее осуществляется выбор двух кадров в пределах ЭИВ и применяли к ним параболическое преобразование [2]. Для этого рассмотрим параболическое уравнение следующего вида:

$$\frac{\partial z_{x,y,\tau}}{\partial \tau} = D_{ij} \left( \frac{\partial^2 z_{x,y,\tau}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z_{x,y,\tau}}{\partial y^2} \right), \quad (4)$$

где  $x$ ,  $y$  и  $\tau$  – пространственно-временные координаты  $ij$ -го пикселя отдельного кадра видеопотока яркостью  $z_{x,y,\tau}$ . В выражении (4)  $D_{ij}$  – некоторый коэффициент, который имеет конкретное значение для каждого конкретного пикселя. Поскольку  $x$ ,  $y$ ,  $\tau$  и  $z$  – дискретные переменные, представим яркости  $z_{x,y,\tau}$  в виде дискретной функции  $z_{i,j,k}$ , где  $i = 0, 1, 2, \dots, n$  с шагом в 1 пиксель;  $j = 0, 1, 2, \dots, m$  с шагом в 1 пиксель;  $k = 0, 1, 2, \dots, K$  с шагом в 1 кадр. Внося соответствующие изменения в параболический уравнение (4) и решая его относительно  $D_{ij}$ , получаем:

$$D_{ij} = \frac{z_{i,j,(k+1)} - z_{i,j,k}}{z_{(i+1),j,k} + z_{(i-1),j,k} + z_{i,(j+1),k} + z_{i,(j-1),k} - 4z_{i,j,k}}. \quad (5)$$

Использование параболического преобразования для выявления существенных изменений в видеопотоке и адаптации телекоммуникационных сетей видеонаблюдения к событиям на объекте не требует от его результатов получения любой непрерывной границы отдельных участков и есть малочувствительным к появлению ошибочных малоразмерных объектов.

Наличие результата параболического преобразования (РПП, рис. 2) предоставляет возможность выполнить его численную оценку, которую в дальнейшем можно использовать для расчетов показателя существенности.

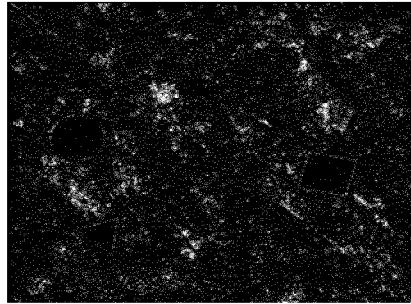


Рисунок 2 – Кадры видеопотока из зоны резания, представленные на рис. 1, после параболического преобразования

Обработка РПП, в свою очередь, позволяет получить числовые значения мощности и дисперсии, используемые в оценке работоспособности инструмента [3].

*Мощность* РПП оценивали как отношение количества «белых» ( $z = 255$ ) пикселей к их общему количеству:

$$P = \frac{z_{255}}{NM} = \frac{z_{255}}{z_0 + z_{255}} \left[ \frac{1}{\text{пикс}} \right]. \quad (6)$$

*Статистическую дисперсию* размера «белых» пятен на РПП вычисляли по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{(S_{n1} - \bar{S}_n)^2 + \dots + (S_{nm} - \bar{S}_n)^2}{n}; \quad \bar{S}_n = \frac{S_{n1} + \dots + S_{nm}}{n}, \quad (7)$$

где  $S_{ni}$  – площадь  $i$ -го пятна;  $0 \leq i \leq n$ . Дисперсия  $\sigma^2$  существует в диапазоне  $0 \leq \sigma^2 \leq NM/4$ , поэтому это значение подвергали нормированию к 1.

Наличие перечисленных характеристик видеопотока позволяет рассчитать число, которое использовали в качестве комплексного критерия при адаптации систем диагностики к состоянию инструмента. Для этого использовали метрику вида:

$$M = \sqrt{(P_2 - P_1)^2 + (\sigma_2^2 - \sigma_1^2)^2}, \quad (6)$$

где индексы 1 и 2 относятся к сравниваемым видеопотокам.

Информационная технология адаптации системы диагностики к состоянию инструмента имеет две фазы деятельности: обучение и работа. При этом подвижное изображение с видеокамеры рассматривается как отдельный зрительный образ объекта наблюдения, который может находиться в двух состояниях: несущественные изменения; существенные изменения.

Во время обеих фаз выполняется параболическое преобразование пакетов от двух кадров каждого ЭИВ, но во время обучения решение о существенности изменений в фрагменте видеопотока принимает эксперт (группа экспертов).

С точки зрения работоспособности инструмента к несущественным изменениям относили:

- последствия допустимого износа инструмента;
- последствия изменения режимов резания.

К существенным изменениям относили:

- последствия недопустимого износа инструмента.

Для определения существенности в каждом конкретном случае используется метрика (8). На основании изучения информации о значении критерия существенности при наблюдении видеопотока от зоны резания устанавливали полосу значений метрики, попадание в которую во время работы системы признавали существенным изменением и инструмент снимали с эксплуатации. Численная информация о несущественных изменениях хранится в базе данных системы автоматизированной оценки состояния инструмента.

Перечисленные выше компоненты метрического критерия (8) являются минимальным «набором» информации, которую можно получить в результате цифровой обработки РПП (рис. 2). Этот набор может быть значительно расширен, например, за счет автономного анализа отдельных фрагментов РПП, придания этим фрагментам различных весовых характеристик значимости и т.п.

## Список литературы

1. Методы и средства построения классификатора состояний режущих инструментов /А.Г.Деревянченко, В.Д. Павленко, А.А. Фомин, Л.В. Бовнегра, С.В. Павленко //Современные технологии в машиностроении. Сборник научных статей. – Харьков: НТУ “ХПИ”. 2007. –С. 46–55.
2. Тонконогий В.М. Видеообработка изображений в системе автоматического измерения дефектности износостойких покрытий на режущем инструменте / В.М. Тонконогий, П.А. Становский // Труды Одесского политехнического университета. – 2005. – Вып. 1(23). – С. 112 – 115.
3. Тонконогий В.М. Автоматизация измерения дефектности износостойких покрытий / В.М. Тонконогий, П.А. Становский // Материалы XII семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2005. – С. 21 – 22.

*П. Становський, Л. Бовнегра, Ю. Шихірева*

**Автоматизований моніторинг перебігу технологічних процесів за допомогою низькочастотних відеопотоків**

Для оцінки стану ріжучого інструменту в міру його зношування запропоновано використовувати відеозйомку стружки, що сходить, з наступним параболическим перетворенням отриманого при цьому видеопотоку. Показаний метод навчання системи діагностики стану інструмента. Визначені параметри налаштувань перетворення та запропонований критерій працездатності інструмента.

*P. Stanovsky, L. Bovnegra, Yu. Shihireva*

### **Automated monitoring of the flow of technological processes with low-frequency streams**

For an estimation of the cutting tool condition it is offered to use videoshooting of a descending shaving with the subsequent parabolic transformation. The method of the preliminary treatment of the tool condition system training is shown. Parameters of the transformation options are defined and the tool working capacity criterion is offered.

Получено 14.09.12