

## Контроль динамических характеристик высокоточных станков в системе интеллектуального мониторинга технологического процесса

Игнатъев Александр Анатольевич, доктор технических наук, профессор;  
 Самойлова Елена Михайловна, кандидат технических наук, доцент;  
 Добряков Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Игнатъев Станислав Александрович, доктор технических наук, доцент  
 Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов)

*Рассматриваются предпосылки применения контроля динамических характеристик высокоточных станков в системе интеллектуального мониторинга технологического процесса.*

**Ключевые слова:** мониторинг, контроль, виброакустические колебания, нейронные сети.

Одним из основных показателей качества и эффективности функционирования технологического оборудования является динамическое состояние, определяющее его выходные показатели. Контроль этого состояния с позиций вибродиагностики позволяет автоматически формировать данные о его динамических характеристиках в системе управления современным прецизионным оборудованием, что делает их применимыми для интеллектуального мониторинга технологического процесса.

Анализируя известные методы вибродиагностики, оценивание динамического состояния высокоточного станка целесообразно производить не только по традиционным характеристикам виброакустических (ВА) колебаний узлов формообразующей подсистемы (амплитуда и частота различных гармонических составляющих), так как они не всегда позволяют объективно и оперативно проанализировать динамические характеристики при диагностировании со-

стояния станков, но и по функционалам, формируемым, например, из стохастических характеристик ВА колебаний, использующих, в частности, их автокорреляционную функцию (АКФ). ВА сигнал, генерируемый при резании, представляет собой широкополосный стохастический процесс, спектр которого изменяется в зависимости от режимов резания и динамического состояния оборудования.

В СГТУ разработана система контроля динамических характеристик высокоточных станков, состоящая из ряда метрологически аттестованных стандартных приборов, выпускаемых промышленностью, обладающая возможностью стыковки с верхним уровнем (ВУ) управления в качестве информационно-измерительного канала (ИИК) системы интеллектуального мониторинга технологического процесса, что обеспечивает высокую достоверность и информативность получаемых контрольных и диагностических данных (рис.1) [2].

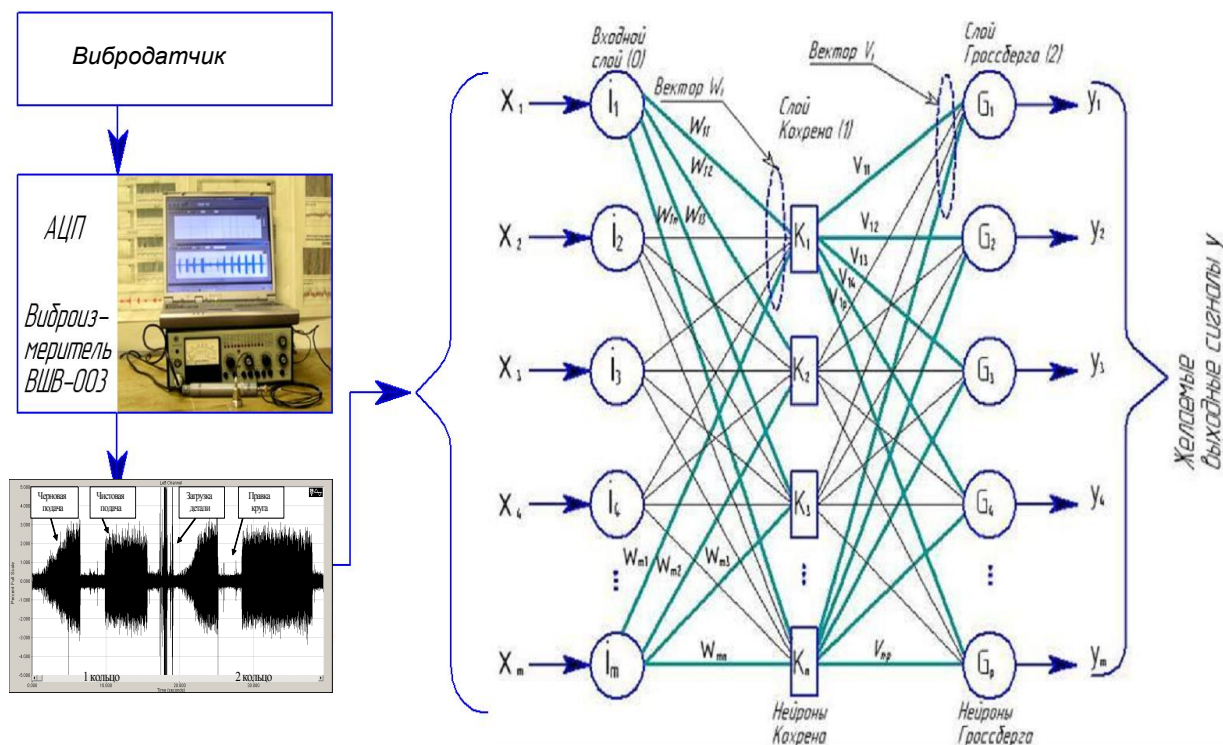


Рис. 1. Структурная схема обработки сигнала интеллектуального мониторинга технологического процесса

В состав ИИК для контроля динамического состояния оборудования входят: виброизмерительный прибор ВШВ-003-М3 в комплекте с датчиком виброускорения ДНЗ-М1 и предусилителем вибросигнала и компьютер типа Ноутбук, укомплектованный платой АЦП и соответствующим

программным обеспечением. Вибродатчик ДНЗ-М1 виброизмерительного прибора ВШВ крепился на станочном объекте с помощью магнитного основания. Сигнал с датчика, пропорциональный виброускорению, через предуси-

литель подавался в измерительный блок прибора в частотном диапазоне от 1 Гц до 4 кГц (Рис. 1)[1].

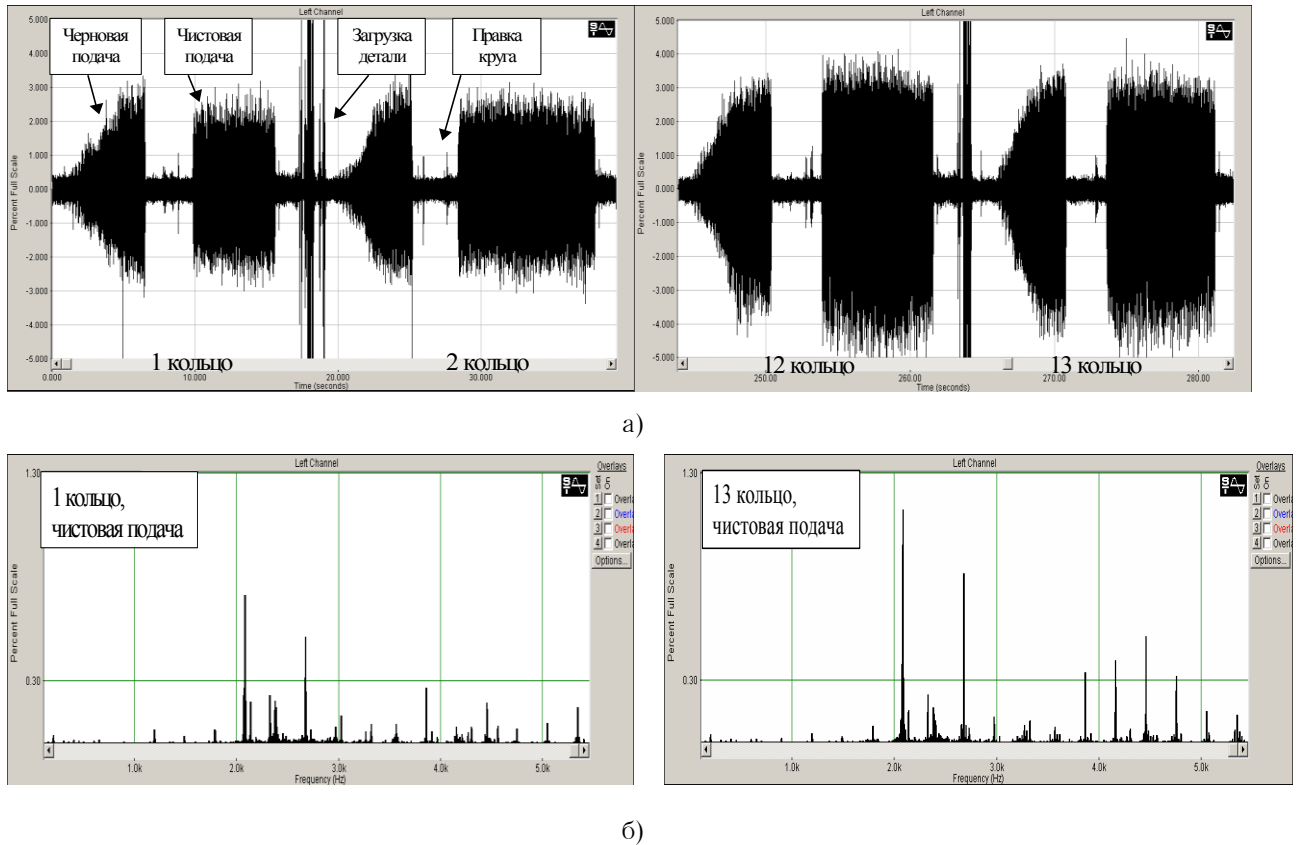


Рис. 2. Временная реализация вибрации (а), спектр вибрации (б)

На экран монитора в режиме реального времени выводится временная характеристика (Рис.2,а) и спектрограмма (Рис.2,б), заносимые в базу данных мониторинга для анализа динамического состояния оборудования в реальном времени.

При этом возникают задачи выбора информативных данных и характеристик из большой совокупности, построения модели, позволяющие вычислять значения выбранных информативных характеристик по значениям других характеристик и т. п., что делает актуальным применение интеллектуального анализа на основе искусственных нейросетей (ИНС)[3].

Интеллектуальный анализ и обработка полученных данных аппаратом ИНС - это сравнительно новое направление, основу которого составляют две процедуры: обнаружение закономерностей в исходной информации и их использование для прогнозирования. Проблема распознавания образов состоит из двух основных частей: обучения и распознавания. Обучение осуществляется путём определения отдельных признаков с указанием их принадлежности тому или другому образу для приобретения способности адекватно реагировать на распознаваемые объекты. Очень важно, что процесс обучения должен завершиться идентификацией конечного числа объектов без каких-либо других подсказок. В качестве объектов обучения могут быть как визуальные изображения (рис.2), так и состояние технического объекта в системах управления и др. [1,3].

За обучением следует процесс распознавания новых объектов, который характеризует действия уже обученной системы. Автоматизация этих процедур и составляет проблему обучения распознаванию образов. Значительную часть этого направления составляют исследования по раз-

личным аспектам распознавания изображений, в частности, с помощью нейросетей.

В целях обучения нейросети применяется метод встречного распространения, основанный на отыскании корреляции пар образов обучающей выборки (входных и соответствующих им «желаемых» выходных), позволяющий избежать недостатков традиционно применяемого алгоритма обратного распространения. Первый слой нейронов вычисляет коэффициенты корреляции заданного в процессе распознавания входного образа  $P_i$  с каждым входным образом  $V_j$  из «эталонной» обучающей выборки. Далее по этим коэффициентам скрытый слой вычисляет коэффициенты присутствия во входных значениях  $P_i$  каждого из  $k$  входных образов  $V_j$  обучающей выборки (коэффициент «присутствия» - это, по сути, выход каждого из нейронов скрытого слоя). И уже по этим данным выходной слой подсчитывает реальный выход сети, скомбинированный из всех выходных образов обучающей выборки, в соответствии с коэффициентом присутствия каждого из них.

Задача распознавания сети сводится к тому, чтобы сопоставить искаженному входному образу  $P_i$  похожему на один из входных образов, соответствующий ему «желаемый» выходной образ, причем это будет не обязательно один из выходных образов обучающей выборки, а скорее комбинация из нескольких  $D_j$ , в соответствии со степенью искажения  $P_i$  по отношению к  $V_j$ . Как видно из рисунка, на всю модель требуется  $(2k+n)$  нейронов с  $k(k+m+n)$  синтаксическими связями. Мы получили возможность обучить модель всем нужным образам выборки за один раз, не прибегая к итерационным процессам. Предложенный алгоритм позволяет снизить временные затраты на обучение нейросети и, кроме того, может применяться к решению задачи интеллектуального мониторинга качества ме-



ханической обработки деталей. При этом используется упрощенная версия представления нейросети (рис.3).

Задача применения интеллектуального мониторинга непосредственно в процессе работы становится все более актуальной для оценки динамических характеристик технологического высокоточного оборудования и представляет собой довольно сложную научную и практическую задачу. В последнее время все более широкое применение находят различные косвенные оценки, в том числе параметры виброакустических сигналов, характеризующие относительные колебания инструмента и детали. Так как многочисленные результаты исследований показали, что спектры сигналов ВА обладают свойством общности, но струк-

тура колебаний нестационарна во времени и отличается в каждом случае, что наглядно отражается результатами проведенных экспериментов (рис.2). Использовать эти отличия для наблюдения за динамическим состоянием станка непосредственно в процессе их работы существующими методами не представляется возможным ввиду того, что зависимости между параметрами качества и характеристиками вибросигналов не имеют явно выраженных количественных закономерностей. Это и приводит к необходимости применения интеллектуального мониторинга динамических характеристик технологического оборудования для обеспечения качества прецизионной механической обработки деталей.

#### **Литература:**

1. Добряков В.А. Контроль динамического состояния станков в системе мониторинга технологического процесса / В.А. Добряков // Вестник Саратовского государственного технического университета. Саратов: СГТУ, 2011. №3 (58). вып.2. С. 162-167.
2. Игнатьев С.А. Мониторинг технологического процесса как элемент системы управления качеством продукции//С.А. Игнатьев, В.В. Горбунов, А.А. Игнатьев// Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2009. 160 с.
3. Самойлова Е.М. Интеллектуальный мониторинг качества механической обработки деталей / Е.М. Самойлова, С.А. Игнатьев // Контроль. Диагностика. 2013. № 4. С. 68-72.