

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Донченко Е.И., Марчук Е.В.

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск  
кафедра автоматизации производственных процессов  
e-mail: [doncenko@list.ru](mailto:doncenko@list.ru)

### Abstract

*Donchenko E.I., Marchuk E.V. Measuring system for research of vibrations of technological systems of metal working. In article main principles of the organization of a portable measuring complex for registration of vibrations are resulted by means of set of gauges of acceleration of vibration and frequency of rotation of a spindle. Required parameters of the measuring amplifier and the interface module are shown. The complex allows to register with high accuracy fluctuations arising in technological system of machining. Examples of use of a complex on turning and milling machine tools are resulted.*

**Введение.** Эффективность механообработки на металлорежущих станках определяется производительностью и себестоимостью. Повышение производительности на операциях механической обработки ограничивается прочностью режущей пластины, которая является наиболее слабым элементом конструкции инструмента, поэтому наиболее распространенным видом отказа является поломка пластины.

Время безотказной работы пластины зависит от совокупности факторов, среди которых колебания, возникающие в технологической системе механической обработки (ТСМО). В работе [1] показана тесная связь между колебаниями инструмента и прочностью. Сочетание амплитуды и частоты колебаний определяет вид отказа. Параметры колебаний в значительной мере зависят от способа закрепления режущей пластины и жесткости конструкции инструмента.

**Результаты решения задачи.** Для исследования динамических характеристик разработан виброизмерительный комплекс, структурная схема которого представлена на рисунке 1.

Виброизмерительный комплекс состоит из следующих элементов: персональная ЭВМ - ноутбук на базе процессора intel, которая управляет процессом измерения, а специальное программное обеспечение позволяет производить визуальный контроль и создавать файлы данных измеряемых параметров. Применение производительной ПЭВМ позволяет регистрировать и создавать файл данных измеренных аналого-цифровым преобразователем (АЦП) в реальном времени.

Посредством интерфейса USB к ПЭВМ подключается аналого-цифровой преобразователь (АЦП), в качестве которого используется модуль фирмы L-card E14-440, который внесен в Госреестр средств измерения Российской Федерации. АЦП модуля преобразует в цифровой 14-разрядный код сигналы, полученные с подключенных к его аналоговому входу измерительного усилителя и интерфейсного модуля.

Подключение датчиков вибрации к АЦП выполняется при помощи разработанного авторами измерительного усилителя с высокоомным входом (входное сопротивление 0.5 ГОм) и единичным коэффициентом усиления.

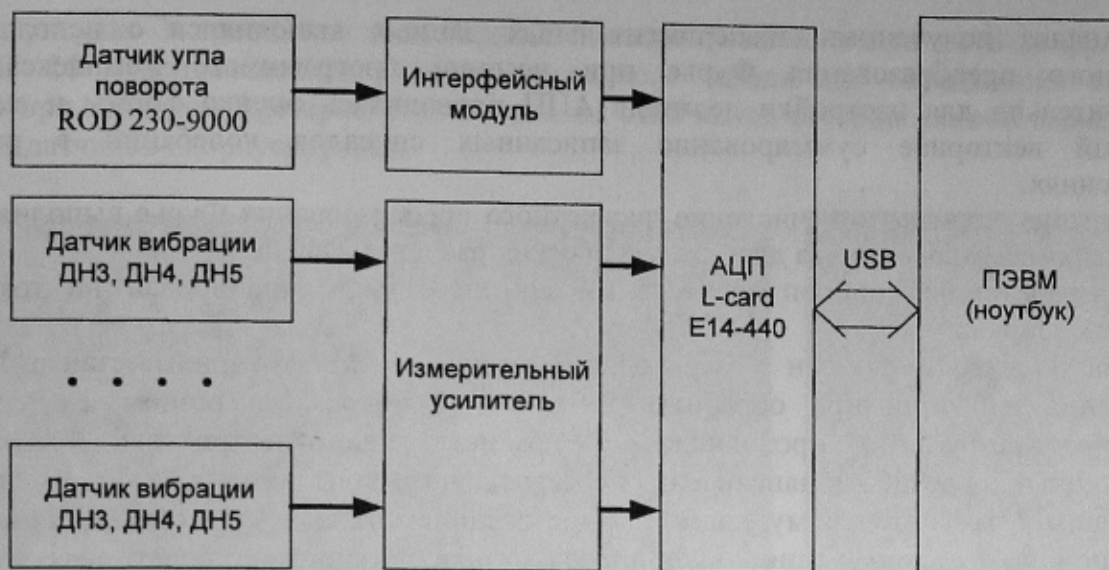


Рисунок 1 - Структурная схема измерительного комплекса

Усилитель оснащен пассивным фильтром нижних частот (ФНЧ) второго порядка с частотой среза 15кГц, что является обязательным условием применения АЦП без встроенного ФНЧ. Для снижения помех и обеспечения автономности измерительной системы усилитель питается от аккумуляторной батареи напряжением 6В.

К входным разъемам измерительного усилителя, в зависимости от исследуемых параметров, возможно подключение датчиков ДН3, ДН4 и ДН5. Для измерения низкочастотных колебаний применяется датчик ДН5 – диапазон измеряемых частот ниже 1000 Гц. Измерение средних и высоких частот колебаний производится соответственно датчиками: ДН3 – линейный диапазон измеряемых частот до 4000 Гц и ДН4 – диапазон частот до 12500 Гц [2]. В результате покрывается весь диапазон исследуемых частот колебаний.

Нижняя граница частотного диапазона определяется входным сопротивлением усилителя и собственной емкостью датчиков. Для приведенных выше условий она составляет 2-4 Гц.

Для измерения мгновенной частоты вращения к аналоговому входу АЦП E14-440 подключается интерфейсный модуль, в состав которого входит формирователь импульсов начала отсчетов с блоком питания на 12 В. К входу интерфейсного модуля подключается датчик вращения модели ROD 230-9000 немецкой фирмы Heidenhain.

С целью исключения внешних помех ПЭВМ и измерительный усилитель подключаются от батарейного источника питания, а интерфейсный модуль, питающийся от сети переменного тока, гальванически развязан от измерительного комплекса.

Разработанный измерительный комплекс позволяет измерять диапазон частот колебаний от 2 до 12500 Гц, а также регистрировать изменение мгновенной частоты вращения.

Для управления ЭВМ и записи измеренных данных использовалось программное обеспечение Lgraph v.2.9r2, которое совместимо с различными АЦП фирмы L-card, в частности с E14-440, и предназначен для визуального наблюдения, записи и предварительной обработки данных измеренных АЦП. Запись файла производится в dat файл в виде 16-битных двоичных слов без разделителей. Программа позволяет наблюдать временную зависимость исследуемых сигналов по нескольким каналам.

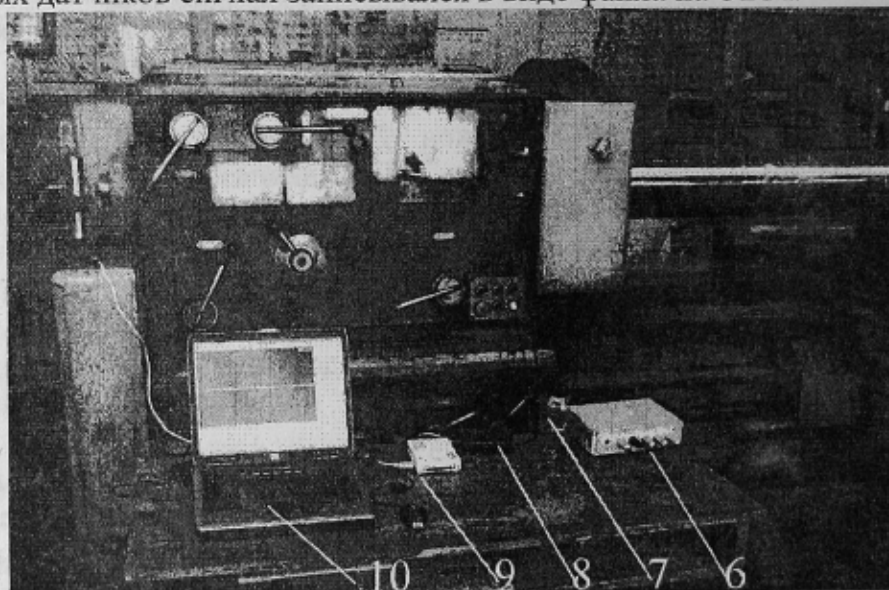
Максимальная частота дискретизации для АЦП E14-440 составляет 400кГц. Для четырех измерительных каналов частота дискретизации составляет соответственно 100 кГц, что позволяет без искажений регистрировать максимальную линейно измеряемую датчиками ускорения частоту 12.5 кГц.

Анализ полученных экспериментальных данных выполнялся с использованием дискретного преобразования Фурье при помощи программного комплекса Lgraph. Предварительно для настройки делителя АЦП проводилась оценка формы и амплитуды колебаний векторное суммирование записанных сигналов колебаний в различных направлениях.

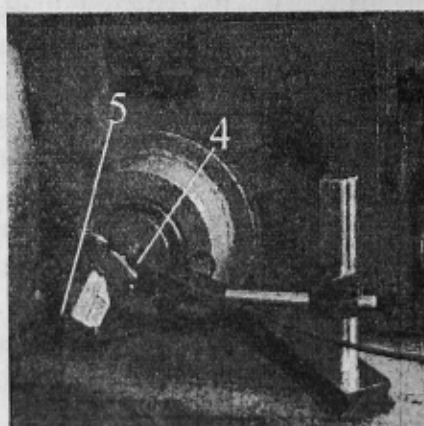
Анализ данных и вычисление дискретного преобразования Фурье выполнялось при помощи программного пакета для математических расчетов Matlab.

Разработанный виброизмерительный комплекс был апробирован на токарном и фрезерном станках.

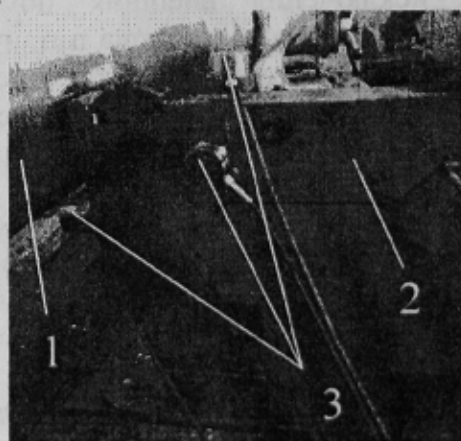
На рисунке 2 показан измерительный стенд на базе токарного станка 1А64 для определения вибраций при обработке заготовки 1 прорезным резцом 2. Регистрация колебаний инструмента проводилась с помощью пьезоэлектрических датчиков 3, установленных на резце 2 в направлениях составляющих силы резания  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$  и которые подключены к измерительному усилителю 6 с питанием от аккумулятора 7. Для измерения мгновенной частоты вращения на шпинделе станка установлена переходная муфта 4 с датчиком вращения 5, который подключен к интерфейсному модулю 8 с питанием от сети переменного тока. Измерительный усилитель и интерфейсный модуль подключены к аналого-цифровому преобразователю 9, а тот в свою очередь к ЭВМ 10. Полученный с измерительных датчиков сигнал записывался в виде файла на ЭВМ.



а



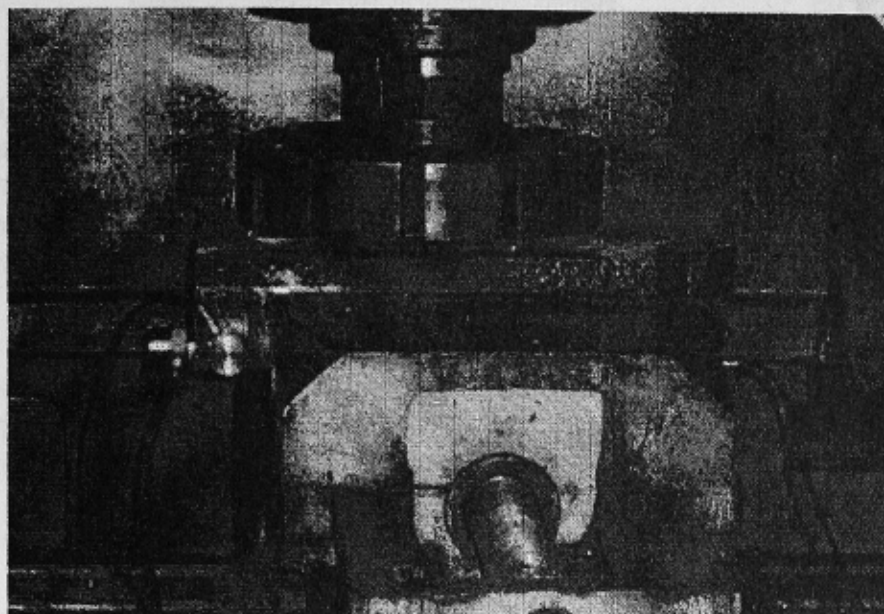
б



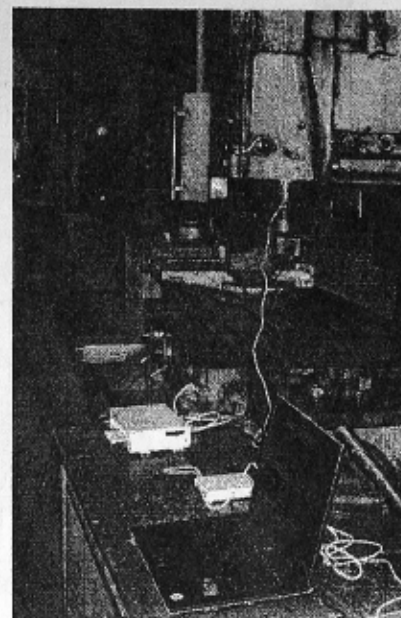
в

Рисунок 2 - Измерительный стенд: а- общий вид регистрирующей аппаратуры; б- установка датчика вращения на шпинделе токарного станка мод. 1А64; в- установка датчиков вибрации на прорезном резце с ламельным суппортом.

На рисунку 3 приведені ілюстрації вимірювального стенда на базі фрезерного станка ЛГ 26 Чернціванського станкобудівного заводу для визначення вібрацій заготовки при торцевому фрезеруванні. Установка відрізняється від наведеної вище місцем кріплення датчиків віброускорення.



а



б

Рисунок 3 - Вимірювальний стенд на фрезерному станку ЛГ 26: а-кріплення датчиків віброускорення, б – загальний вигляд

Загальний вигляд програми та результати зафіксованих вібрацій на токарному станку представлені нижче.

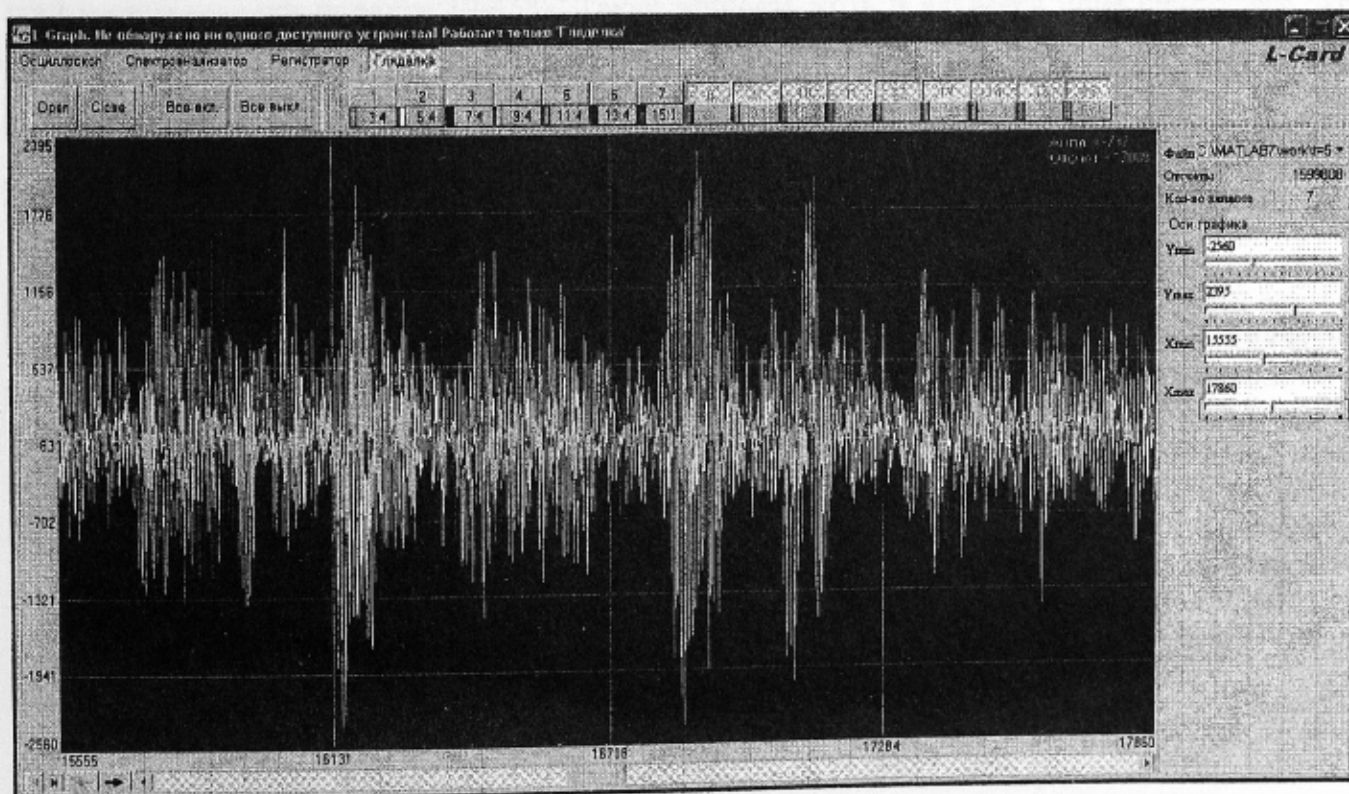


Рисунок 4 - Загальний вигляд програми Lgraph

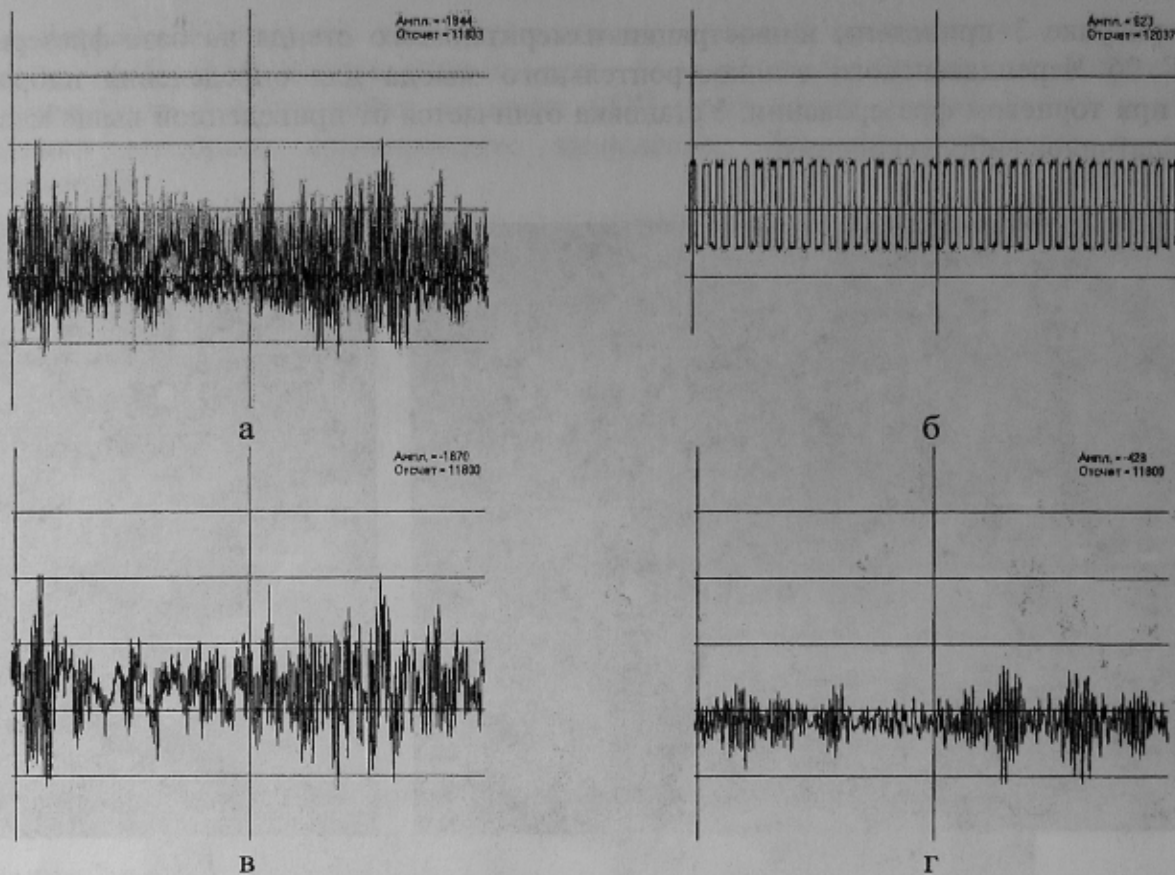


Рисунок 5 - Зарегистрированные измерения: а - одновременно по нескольким каналам; б - импульсы датчика вращения; в- виброускорения инструмента от силы  $P_z$ ; г - виброускорения инструмента от силы  $P_y$

### Выводы.

Таким образом, разработан виброизмерительный комплекс, который позволяет в режиме реального времени измерять частоту колебаний и виброускорения, в диапазоне частот от 2 до 12500 Гц, а также мгновенную частоту вращения привода главного движения.

Разработана методика проведения испытаний на виброустойчивость в процессе резания на металлорежущих станках и программное обеспечение обработки получаемых данных.

### Литература

1. Бобров В.Ф. Определение напряжений и режущей части металлорежущих инструментов. //Кн. Высокопроизводительное резание в машиностроении. - М.: Наука, 1966. - С.223 - 228.
2. Дж. Фрайден Современные датчики. //Справочник – М.: Техносфера, 2005.- 592 с.
3. Мироненко Е.В. Исследование надежности блочных резцов для уникальных станков// Надежность режущего инструмента. Вопросы надежности, оптимального проектирования и эксплуатации инструмента. Сб. Статей. Вып. 5 / Под общ. редакцией В.С. Гузенко и Г.Л. Хаета. - Краматорск: ДГМА, 1994. - С.196-209.