

УДК 621.9.08

Анализ методов и разработка технических средств для экспериментальных исследований динамических сигналов металлорежущих станков

Р.Ш. Загидуллин, В.М. Скиба

Рассмотрены методы экспериментальных исследований динамических процессов металлорежущих станков. Для исследований применена технология виртуальных приборов — среда графического программирования LabVIEW, являющаяся перспективным прикладным инструментом исследования физических процессов и управления ими благодаря высокой производительности разработки программного обеспечения и наличию широкого набора функциональных возможностей языка и среды программирования. Приведен разработанный виртуальный прибор для исследования свободных колебаний механических систем станков, обеспечивающий визуализацию, обработку, анализ и документирование экспериментальных сигналов.

Ключевые слова: металлорежущий станок, вибрация, метод, автоматизация, исследования, виртуальный прибор, сигнал.

The article considers the methods of experimental researches of metal-cutting machine tools dynamic processes. The technology of virtual devices is applied to the researches — the environment of graphic programming LabVIEW being a promising applied tool to research physical processes and to manage them due to a high efficiency of the software development and an availability of a wide set of functionality of the programming language and the environment. The developed virtual device to research free fluctuations of the machine tools mechanical systems, providing visualization, processing, analysis and documenting of experimental signals is presented.

Keywords: machine-tool, vibration, method, automation, investigation, virtual instrument, signal.

Современные металлорежущие станки и их механизмы развиваются в направлении увеличения мощности, быстроходности и точности. Это, в свою очередь, при одновременном стремлении к снижению металлоемкости и габаритов, приводит к высокой динамической нагруженности и возрастанию роли колебательных движений элементов. Глубина проникновения в сущность динамических явлений, происходящих при работе станков, обеспечивает обоснование конструктивных решений, требуемые технические характеристики, надежность и долговечность, а также производительность и качество обрабатываемых деталей [1].



ЗАГИДУЛЛИН
Равиль Шамильевич
доцент кафедры
«Радиоэлектронные
устройства и системы»



СКИБА
Виктор Мартынович
доцент кафедры
«Металлорежущие станки»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Автоматизация высокотехнологичных производств, необходимость теоретических и экспериментальных исследований обуславливает внимание к вопросам измерения параметров физических процессов и возможность последующего управления последними. Поэтому изучение информационных возможностей отдельных элементов станка, определение их характеристик становится необходимым этапом в процессе создания конкурентоспособных станков. Обычно предварительно определяют состав и параметры требуемой информационно-измерительной системы, а затем экспериментально находят характеристики элементов станка.

Из множества факторов, характеризующих протекание технологического процесса, одними из основных по информативности являются относительные колебания инструмента и обрабатываемой детали [2]. Часто также используют данные о вибрациях отдельных звеньев несущей системы станка, источниках вибрации и об их подавлении. По этим данным можно судить о режимах резания и состоянии технологической системы. Измерение таких параметров вибрации требует применения современных информационных систем, способных работать в сложных условиях эксплуатации (наличие стружки, СОЖ, электромагнитных полей, изменения температуры и др.).

Колебательные процессы в станках обусловлены различными причинами и в соответствии с этим отличаются по своей физической природе, что предопределяет разные методы исследования и управления ими. Для изучения динамических свойств станков, наряду с аналитическими, широко применяют экспериментальные методы исследования. Эксперимент и испытания станков широко распространены при контроле виброактивности, вибродиагностике и оценке виброустойчивости.

К числу основных задач подобных исследований относятся [1]: выявление природы, характера, уровня, частотного состава, взаимосвязи вибрационных сигналов, основных резонансов, параметров демпфирования, собственных форм колебаний, нелинейных свойств и других характеристик колебательных систем станков.

Анализ существующих методов экспериментальных исследований колебаний машин и механизмов показывает, что цель исследования всегда соответствует функциональному назначению объекта и определяет специфику этих методов и средств испытаний: выбор измеряемых параметров, выбор и установка измерительных преобразователей, средств обработки сигналов и т. п. Общие вопросы исследований динамических процессов включают, во-первых, задачу выявления и распознавания частот вынужденных и собственных колебаний системы с последующей идентификацией внешних воздействий, источников вынужденных колебаний и параметров упругой системы; во-вторых, очень трудоемкую задачу построения частотных характеристик и форм колебаний механических систем. К скорости и точности обработки информации, полученной в ходе эксперимента, предъявляются высокие требования. Из опыта экспериментальных исследований динамических процессов в сложных механических системах следует, что существенно повышение производительности, точности и эффективности анализа можно достичь за счет автоматизации исследований, которую можно реализовать на базе вычислительных машин [1].

При автоматизации теоретических и экспериментальных исследований в настоящее время широко используется специальная вычислительная техника. С помощью стационарных и переносных испытательно-диагностических комплексов в станках измеряют: кинематические, силовые и электрические параметры, виброакустические, тепловые, износные и энергетические характеристики [3].

При определении виброустойчивости станка важнейшим этапом является исследование вынужденных колебаний. Причинами их появления могут быть: прерывистость процесса резания, дисбаланс вращающихся частей, ошибки в передачах, соседнее оборудование. Интенсивность вынужденных колебаний зависит от величины возмущающей силы и от степени совпадения ее частоты с частотой собственных колебаний элементов станка, т. е. от явления резонанса. Параметры относительных и абсо-

лутных колебаний узлов станка измеряют при помощи измерительных преобразователей (ИП) различных типов. ИП последовательно устанавливают в нескольких точках станка и измеряют параметры колебаний при различных источниках возмущений.

Метод обработки результатов исследований тесно связан с выбором входного сигнала (тест-сигнала), подаваемого на вход объекта. Обычно применяют следующие виды входных воздействий и соответствующие методы анализа вибрационных сигналов: импульсный скачок, моногармонический процесс со сканирующей частотой, случайный узкополосный процесс и др. Импульсное воздействие (однократный импульс, многократные, например, периодические импульсы, ступенчатое воздействие) возбуждает в системе сложные затухающие колебания.

При импульсном испытании колебательных систем представляет интерес возможность оценки динамических характеристик системы только на основе измерения и анализа реакции на выходе. Точность получения динамических характеристик существенно повышается в результате многократного повторения импульсного воздействия, благодаря осреднению результатов по нескольким импульсам.

Для получения информации о свойствах объекта исследования в настоящее время стали применять виртуальные приборы (ВП) [4], которые представляют собой компьютер, оснащенный набором аппаратных и программных средств, обеспечивающий функции информационно-измерительного прибора или системы с максимальным приближением к решению измерительной задачи: осциллографы, генераторы сигналов, спектральные анализаторы, экспериментальные установки и др. Виртуализация приборов обеспечивает широкие возможности для пользователя при визуализации информации, настройках и управлении. Стоимость ВП существенно меньше стоимости традиционных приборов. Кроме того, виртуализация обеспечивает возможность реализации на единой технической основе целой серии различных приборов. Очевидно, что при этом не нужно разрабатывать собственные изделия

и обеспечена существенная простота сборки программных модулей. Например, в программной среде разработки типа LabVIEW фирмы National Instruments (США) возможно создание ВП специалистами, обладающими скромными познаниями в области цифровой обработки сигналов и метрологии.

Среда разработки лабораторных виртуальных приборов (LabVIEW) представляет собой среду графического программирования, которая широко используется в промышленности, образовании и научно-исследовательских лабораториях в качестве стандартного инструмента для проведения измерений, анализа полученных данных, управления приборами и исследуемыми объектами и позволяет в значительной мере автоматизировать эксперимент. Однако, для того чтобы пользователь мог реализовать названные преимущества, он должен овладеть технологией программирования в среде LabVIEW и изучить ее функциональные возможности. Есть основание говорить о принципиальных изменениях в создании прикладного программного обеспечения, которые вносит технология LabVIEW, поскольку эта система позволяет на базе обычного персонального компьютера реализовать произвольный набор методов измерения, анализа, отображения и управления в автоматизированных системах различного профиля.

В LabVIEW не требуется написание текстов программ. Программа, написанная в среде LabVIEW графическим языком, называется ВП. Программная реализация ВП использует в своей работе принципы иерархичности и модульности. Даже внешнее графическое представление и функции ВП имитируют работу реальных физических приборов. Компонентами, составляющими ВП, являются передняя панель, блок-диаграмма и пиктограмма/коннектор [4]. Передняя панель реализует пользовательский интерфейс с ВП, позволяет задавать исходные данные и отображать результаты работы ВП. Блок-диаграмма является аналогом традиционной программы и реализует функциональные возможности ВП. Блок-диаграмма программируемой задачи служит источником кода ВП. Пиктограмма/коннектор позволяет

использовать ВП в качестве подпрограммы (виртуальный «подприбор») при построении модульных иерархических программ. При создании ВП разработчик максимально приближает его к своим конкретным задачам.

В лаборатории кафедры «Металлорежущие станки» МГТУ им. Н.Э. Баумана разработаны виртуальные приборы для исследования вибросигналов узлов металлорежущего станка. В качестве устройства сбора данных было выбрано устройство NI USB-6009, которое подсоединяется к компьютеру посредством интерфейса. Программная поддержка USB-6008/6009 в среде Windows 2000/XP осуществляется посредством драйвера NI-DAQmx. ВП предназначены для проведения эксперимента, сбора данных измерений, их анализа и позволяют в значительной мере автоматизировать эксперимент. Схема экспериментальных исследований вибросигналов с узлов металлорежущего станка представлена на рис. 1. В качестве ИП использованы пьезоэлектрические акселерометры, от которых сигналы после усиления (усилители не показаны) подаются на АЦП и далее в компьютер.

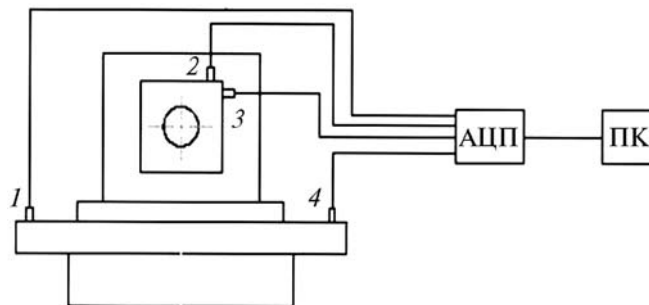


Рис. 1. Схема экспериментальных исследований вибросигналов станка:

1—4 — акселерометры; АЦП — аналогово-цифровой преобразователь; ПК — персональный компьютер

Лабораторный ВП в среде LabVIEW отображается на экране компьютера в виде лицевой панели и блок-диаграммы. Лицевая панель созданного ВП для отображения, измерения, хранения и документирования исследуемых сигналов изображена на рис. 2. Исследуемый сигнал отображается в виде осциллограммы в рамке, в левом верхнем углу которой имеются закладки для обозначения и выбора

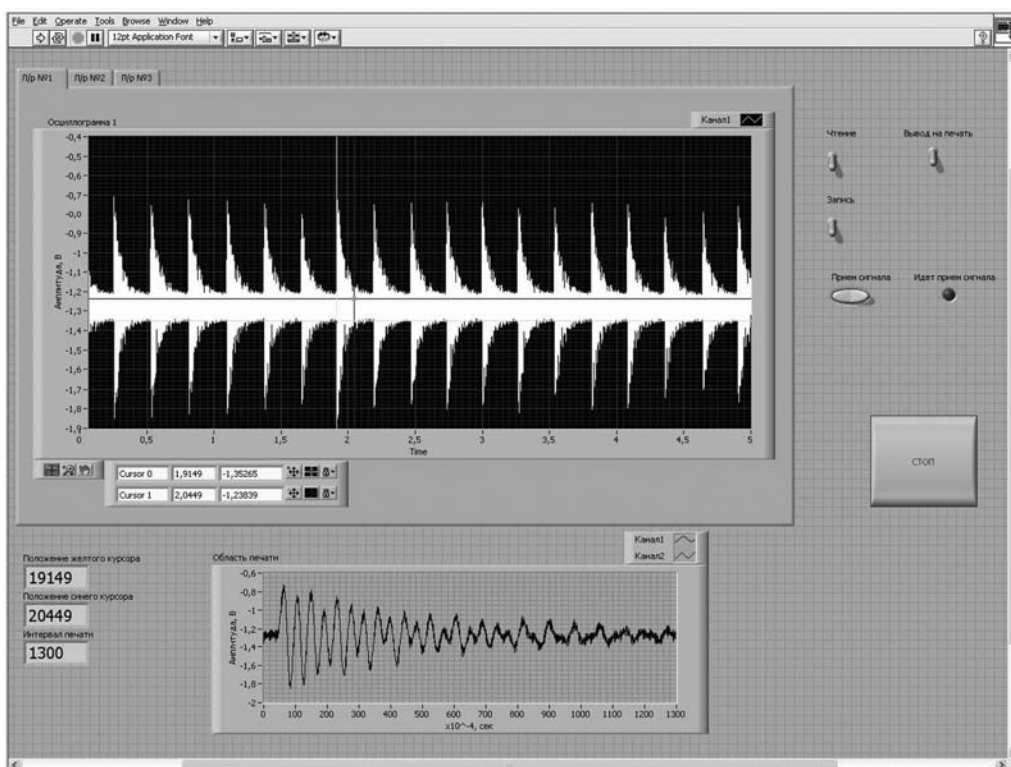


Рис. 2. Лицевая панель ВП для наблюдения, хранения и документирования сигнала

лабораторных работ (ЛР № 1, ЛР № 2, ЛР № 3). Ниже и левее расположена группа кнопок, представляющие собой меню команд для просмотра и масштабирования осциллограммы (графика). Там же, но правее, находится панель управления, предназначенная для управления и отслеживания курсоров, расположенных в окне осциллограммы. Справа от осциллограммы расположены изображения тумблеров: «чтение», «запись», «вывод на печать», «прием сигнала», индикатора «идет прием сигнала» и кнопки «стоп». Выбор лабораторной работы, включение соответствующей кнопки или тумблера осуществляется левой кнопкой «мыши». Ниже осциллограммы расположена область анализа и печати, которая выбирается двумя курсорами на верхней осциллограмме, и индикаторы параметров области печати. Исследуемый сигнал (осциллограмма) на верхней рамке представляет собой отображение последовательной серии затухающих колебаний шпиндельного узла многоцелевого станка, вызванных периодической импульсной нагрузкой. На рис. 3 изображена блок-диаграмма этого ВП, где отдельные структурные элементы и связи между ними представлены в виде соответствующих условных обозначений (пиктограмм).

Вибрации в различных точках конструкции станка существенно отличаются по характеру, уровню и частотному составу. Это связано с раз-

личными точками приложения и направлениями действия возмущений, а также с изменением свойств системы при переходе от одной точки конструкции к другой. Динамические характеристики самих колебательных систем описывают связь между выходными и входными процессами в объекте при различных режимах (установившихся и неустановившихся). Наблюдения вибраций в каких-либо точках станка позволяют установить свойства среды, в которой распространяются вибрационные возмущения.

Созданные ВП позволяют реализовать наиболее применяемые методы динамических исследований станков в автоматическом режиме, что существенно сокращает длительность эксперимента и открывает новые возможности для исследователя.

Литература

1. Добрынин В.А., Фельдман М.С., Фирсов Г.И. Методы автоматизированного исследования вибраций машин: Справочник. М.: Машиностроение, 1987. 224 с.
2. Камышев А.И., Кочинев Н.А. Автоматизация испытаний и исследований металлорежущих станков с ЧПУ. М., 1988. 56 с. (Технология, оборуд., орг. и экон. машиностроит. пр-ва. Сер. 1. Автоматизация пр-ва, гибкие произв. системы и робототехника: Обзор. информ. / ВНИИТЭМР. Вып. 7).
3. Технические средства диагностирования: Справочник/Под редакцией В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 1989. 672 с.
4. Загидуллин Р.Ш. LabView в исследованиях и разработках. М.: Горячая линия. Телеком, 2005. 352 с.

Статья поступила в редакцию 01.11.2011

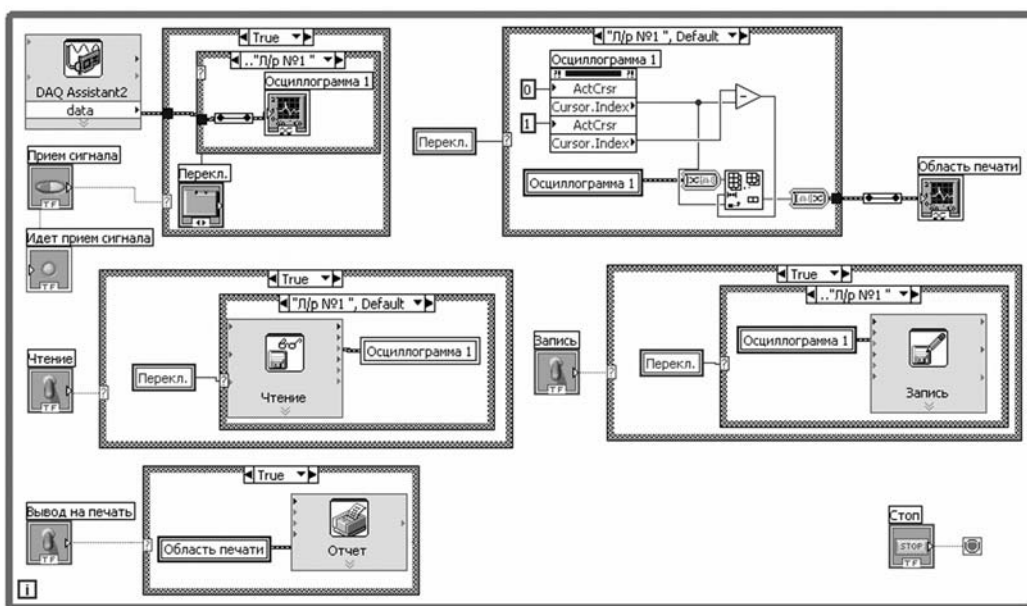


Рис. 3. Блок-диаграмма ВП