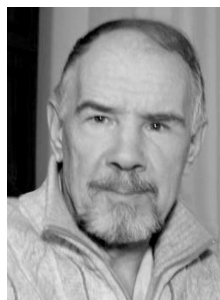


Инновационный аппаратно-программный комплекс для диагностирования высокотехнологичных систем



М. П. Козочкин,
*д. т. н., профессор
по кафедре станков,
профессор кафедры
высокоэффективных
технологий обработки*
e-mail: astra-mp@yandex.ru



А. Р. Маслов,
*д. т. н., профессор
по кафедре
высокоэффективных
технологий обработки*
e-mail: vestnik@stankin.ru



А. Н. Порватов,
*к. т. н., доцент кафедры
электротехники, электроники
и автоматики*
e-mail: porvatov_artur@mail.ru

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» (МГТУ «СТАНКИН»)

В статье описывается инновационный аппаратно-программный комплекс для диагностирования высокотехнологичных систем и разработанный метод определения оценки текущего состояния инструмента на основе данных о сигналах акустической эмиссии и мгновенных значениях активной мощности.

Ключевые слова: диагностика, акустическая эмиссия, активная мощность.

Введение

В настоящее время в МГТУ «СТАНКИН» на новом техническом уровне осуществляются научные исследования, основой которых является единый научный подход к созданию ответственных технологических систем в машиностроении и металлообработке. Совместные работы с НПО «ЭНИМС», ММП ФНПЦ «Салют», ОАО «ВНИИИНСТРУМЕНТ» и другими предприятиями, эксплуатирующими ответственные технологические системы, позволили накопить уникальный опыт в области создания информационно-управляющих систем для диагностирования состояния режущего инструмента и повышения эксплуатационной надежности процесса резания.

Опыт многолетних исследований обобщен коллективом ученых МГТУ «СТАНКИН» в монографиях и статьях [1–5], а также во многих других публикациях. В настоящее время все ответственные технологические системы (ТС) металлообработки в нашей стране создаются в соответствии с этим подходом. Одним из элементов ТС в машиностроении и металлообработке, определяющих надежность их работы, являются встроенные информационно-управляющие системы [6–8].

Разработка инновационного аппаратно-программного комплекса

В результате исследований в рамках работ по указанной тематике создан инновационный аппаратно-программный комплекс (АПК), предназначенный для повышения производительности ТС при заданных показателях надежности.

В состав созданного АПК входят системы адаптивного управления по силе резания, уровню вибрации и диагностирования состояния инструмента.

Системы базируются на высокотехнологичном фрезерном 3-координатном станке с ЧПУ мод. DMC 635V Ecoline и включают несколько подсистем (рис. 1).

1. Однокомпонентный пьезоэлектрический датчик вибрации, пьезоэлектрический динамометр Kistler 9253B23, датчик мощности, лазерный виброметр PDV-100 образуют подсистему чувствительных элементов.
2. Усилитель заряда 5070A11110 является основой подсистемы согласования сигналов.
3. Модули сбора данных DAQ 5697 и VCM DAQ Unit входят в подсистему сбора измерительной информации.

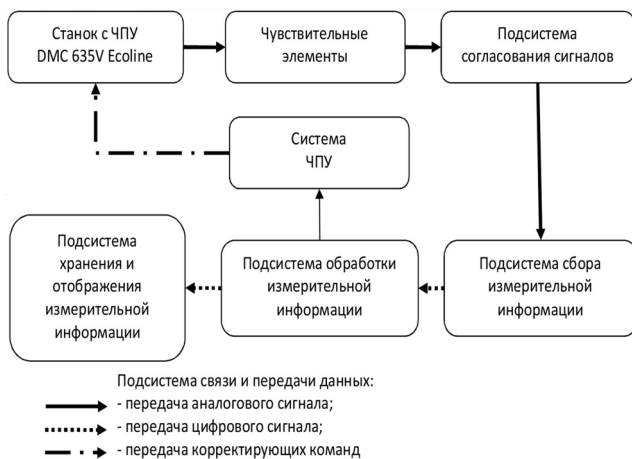


Рис. 1. Схема взаимодействия подсистем АПК

4. Автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов создают подсистему хранения и отображения измерительной информации.
5. Специальное программное обеспечение (СПО) системы ЧПУ служит основой подсистемы обработки измерительной информации.

Чувствительные элементы регистрируют виброскорость, виброускорение и составляющие силы резания, которые поступают в подсистему согласования сигналов, работающую совместно с чувствительными элементами и предназначенную для согласования сигналов с входом аналогового цифрового преобразователя, а также выделения полосы частот полезного сигнала.

Подсистема сбора измерительной информации обеспечивает преобразование аналогового измерительного сигнала в цифровой код и компоновку пакетов с цифровым кодом. Далее осуществляется обработка измерительного сигнала в цифровом виде при помощи математических алгоритмов.

Подсистема хранения и отображения измерительной информации получает и отображает результаты измерения, а также сохраняет их в виде компьютерных файлов. Встроенная в систему ЧПУ подсистема адаптивного управления по силе резания и уровню вибрации регистрирует составляющие силы резания, виброускорения, виброскорости и формирует управляющие сигналы по скорости подачи и частоте вращения шпинделя станка. В качестве дополнения к функциям АПК осуществляется накопление статистической информации о работе шпиндельного и других узлов станка.

Для получения и анализа трехмерного изображения инструмента и оценки его состояния используется подсистема контроля инструмента, работающая в режиме «офлайн» и обрабатывающая информацию о состоянии инструмента для дальнейшего его контроля в режиме «онлайн».

Все процессы и функции АПК автоматизированы и осуществляются на диагностируемом оборудовании указанными подсистемами на основе «клиент-серверной» архитектуры.

Пользовательские терминалы выполнены в виде автоматизированных рабочих мест (АРМ) контроля состояния инструмента и диагностики.

АРМ контроля состояния инструмента оценивает изменение его геометрических параметров путем выполнения следующих действий:

- проведение процессов съемки и обработки изображений в области световой микроскопии;
- полная запись всех этапов и параметров съемки;
- создание классификаторов и собственных макросов;
- указание контуров объектов, проведение морфометрических измерений площади, направляющих углов, периметра, диаметра и т. д.;
- визуализация измеряемых параметров, как на изображении, так и в базе данных;
- экспорт данных в другие базы данных.

АРМ диагностики структурирует всю информацию о работе оборудования путем мониторинга трех составляющих силы резания по осям выбранных координат, крутящего момента, спектрального состава получаемых сигналов и его изменения во времени. В результате выполняются:

- регистрация сигналов, поступающих от датчиков;
- построение октавных спектров сигнала (для вибросигналов);
- цифровая обработка сигналов в реальном времени (цифровая фильтрация);
- отображение во временной и частотной областях измеряемых сигналов;
- формирование и сохранение файлов с результатами;
- выделение моментов начала и окончания процесса резания, регистрация отклонений от задаваемых значений;
- изменение настроек в «реальном» времени.

Для более глубокого анализа (интерполяции, экстраполяции, построения прогнозов, диагностики и др.) предусмотрена возможность экспорта сохраняемых данных в популярные файловые форматы, в том числе для отображения в форматах «jpg» и «png». В режиме «реального времени» осуществляется передача данных по сетям Интернет или Интранет по протоколу TCP/IP в обработанном или «сыром» виде.

В рамках работы по созданию инновационного АПК разработан метод определения текущего состояния инструмента, который базируется на данных, полученных в ходе исследования [7, 9–11] и включает следующие параметры:

- амплитуда огибающей вибросигнала или сигнала акустической эмиссии (АЭ);
- спектральные параметры вибросигнала или сигнала АЭ;
- текущие значения активной мощности.

Оценка значений критерия состояния (например, начала разрушения) основывается на выделении полос из сигналов вибраций или сигналов АЭ в разных частотных диапазонах при одновременной регистрации сигнала активной мощности, потребляемой при резании.

В выделенных диапазонах частот определяют среднеквадратические значения сигнала и их отношение (K), при этом текущее состояние инструмента (относительная величина $h_{ц}$) определяют по формуле:

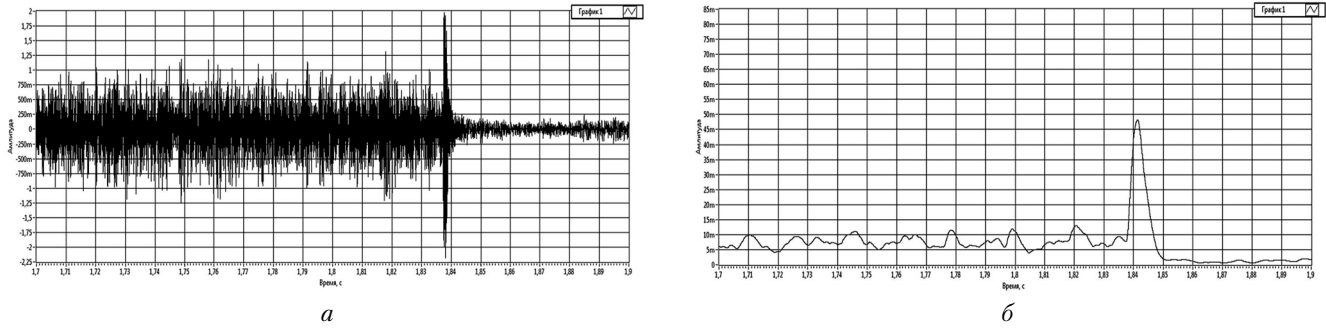


Рис. 2. Сигнал АЭ при резании и поломке фрезы:
а) временная развертка сигнала; б) огибающая сигнала, на частоте 55(±500 Гц)

$$h_{\text{и}} = \frac{\Delta K_H (P - P_{\text{НОМ}}) - \Delta N_H (K - K_{\text{НОМ}})}{\Delta K_H \Delta N_h + \Delta N_H |\Delta K_h|} + h_{\text{мин}}$$

где P — измеренное значение активной мощности; K — отношение среднеквадратических значений сигнала АЭ в выбранных полосах частот; $P_{\text{НОМ}}$ и $K_{\text{НОМ}}$ — величины, равные значениям сигналов мощности и соотношению среднеквадратических значений сигнала АЭ при начальном состоянии инструмента ($h_{\text{мин}}$) и определенной твердости обрабатываемого материала ($H_{\text{мин}}$); ΔN_H , ΔN_h , ΔK_H , $|\Delta K_h|$ — отношения приращений сигналов, пропорциональных активной мощности (ΔN_H , ΔN_h) и соотношению амплитуд (ΔK_H , $|\Delta K_h|$) к приращениям, соответственно, твердости и износу инструмента [12].

Минимальное значение величины $h_{\text{мин}}$ обычно принимают равным 0, а в качестве минимального значения твердости $H_{\text{мин}}$ принимается величина, наиболее часто встречающаяся в практике обработки данного материала.

Данный способ может использоваться при определении состояния инструмента как в режиме реального времени [8], так и при последующей обработке. Способ рассчитан на более точную оценку износа инструмента в условиях разброса параметров обрабатываемого материала, например, твердости.

В качестве примера на рис. 2 приведены результаты эксперимента, по фрезерованию заготовки из латуни Л-59 трехзубой фрезой диаметром 1 мм с частотой вращения 18000 мин⁻¹ и скоростью подачи 2200 мм/мин.

В ходе этого эксперимента произошла поломка фрезы, при этом амплитуда сигнала АЭ (рис. 2, а) превысила в 1,5 раза собственную амплитуду при резании до поломки, за время превышения порядка 2 мс. На рис. 2, б показан тот же сигнал, пропущенный через полосовой фильтр (55(±500 Гц)) и детектор для выделения огибающей.

Как следует из полученных результатов (рис. 2, б) амплитуда сигнала при поломке превысила амплитуду сигнала при резании более чем в 3 раза, а ширина импульса составила 20 мс, что говорит о возможности регистрировать состояние инструмента средствами программируемых логических контроллеров (ПЛК), входящих в большинство систем с ЧПУ [13, 14].

В результате экспериментов выявлено, что диагностирование по мгновенным значениям сигналов активной мощности недостаточно информативно, как

во время резания, так и во время поломки инструмента, поскольку эти сигналы остаются практически на одном уровне.

Однако, диагностирование по мгновенным значениям сигналов активной мощности информативно при определении начала и конца резания, что необходимо для исключения ложного срабатывания подсистемы управления АПК при диагностировании по сигналам АЭ [15, 16].

Несмотря на очевидные достоинства, разработанный АПК на сегодня имеет ряд недостатков, среди которых необходимость применения системы ЧПУ на базе ПК или с использованием дополнительного ПК. Пока имеется ограниченное количество каналов для подключения датчиков без возможности модернизации.

Заключение

Предложен инновационный аппаратно-программный комплекс, который может быть преобразован в систему адаптивного управления станком на основе информации о мощности шпинделя (по значению тока) и о параметрах сигналов акустической эмиссии.

Применение системы контроля мощности шпинделя позволяет снизить время обработки, осуществлять контроль износа инструмента с целью его своевременной замены или увеличения его ресурса, а также производить мониторинг работы станка.

Применение системы контроля параметров АЭ позволяет получать заблаговременное предупреждение о близкой поломке, что дает потребителю возможность принять своевременные и оптимальные профилактические меры и снизить расход режущего инструмента с использованием функции мониторинга параметров акустического излучения конкретной технологической системы.

Создание системы адаптивного управления позволит встраиваться в любую систему ЧПУ, основанную на персональном компьютере, либо в отдельно стоящий персональный компьютер, связанный с любой как новейшей, так и устаревшей системой ЧПУ.

* * *

Работа выполнена в рамках Соглашения Минобрнауки РФ ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН» от 6 августа 2012 г. №14.В37.21.0454.

Список использованных источников

1. С. Н. Григорьев, В. Д. Гурин, М. П. Козочкин и др. Диагностика автоматизированного производства/Под ред. С. Н. Григорьева. М.: Машиностроение, 2011.
2. В. А. Синопальников, С. Н. Григорьев. Надежность и диагностика технологических систем. М., 2003.
3. С. Н. Григорьев, М. П. Козочкин, Ф. С. Сабиров, В. А. Синопальников. Техническая диагностика станочного оборудования автоматизированного производства//Контроль. Диагностика, № 8, 2011.
4. С. Н. Григорьев, М. П. Козочкин, Ф. С. Сабиров, В. А. Синопальников. Проблемы технической диагностики станочного оборудования на современном этапе развития//Вестник МГТУ «СТАНКИН», № 4, 2010.
5. С. Н. Григорьев. Проблемы и перспективы развития отечественного машиностроительного производства//Справочник. Инженерный журнал с приложением, № 12, 2011.
6. А. Р. Маслов. Диагностирование и контроль процесса резания по предельному состоянию качества обработанной поверхности//Контроль. Диагностика, № 9, 2011.
7. М. П. Козочкин, А. Р. Маслов, А. Н. Порватов. Управление процессом резания посредством интеграции подсистемы диагностирования в систему ЧПУ металлообрабатывающего станка//Вестник МГТУ «СТАНКИН», №3, 2011.
8. М. П. Козочкин, А. Р. Маслов, А. Н. Порватов. Интеграция диагностического комплекса в систему ЧПУ металлообрабатывающего станка//Станочный парк, № 9, 2012.
9. А. Р. Маслов. Центр коллективного пользования государственного инженерингового центра МГТУ «СТАНКИН»//Контроль и диагностика, № 5, 2013.
10. А. Н. Порватов, А. А. Туманов. Аппаратно-программный комплекс для диагностирования состояния и повышения эксплуатационной надежности технологических систем//Вестник МГТУ «СТАНКИН», № 1, 2013.
11. М. П. Козочкин, А. В. Гусев, А. Н. Порватов. Разработка мобильных систем для мониторинга и диагностики станочных узлов//Справочник. Инженерный журнал с приложением, № 3, 2011.
12. Патент на изобретение № 2478929. Российская Федерация, МПК G01N 3/58, B23Q 17/09. Способ определения износа режущего инструмента/С. Н. Григорьев, М. П. Козочкин, В. В. Филатов, А. Н. Порватов; заявитель и патентообладатель МГТУ «СТАНКИН» — №2011142427/28; заявл. 20.10.2011; опубл. 10.04.2013, Бюл. №10.
13. А. Р. Маслов, А. Н. Порватов. Динамометрическая паллета с передачей диагностических сигналов по радиоканалу//Справочник. Инженерный журнал, № 12, 2011.
14. М. П. Козочкин, Ф. С. Сабиров, А. Р. Маслов, В. И. Завгородний. Виброакустическое диагностирование инструмента в процессе резания//Справочник. Инженерный журнал с приложением, № 2, 2010.
15. Патент на полезную модель № 113030. Российская Федерация, МПК G01N 3/58, B23Q 17/09. Адаптивная система управления процессом резания на металлорежущем станке/М. П. Козочкин, В. В. Маслов, А. Н. Порватов; заявитель и патентообладатель МГТУ «СТАНКИН», №2011131655/28; заявл. 28.07.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 04.
16. С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов, В. И. Завгородний. Обеспечение заданного качества деталей при высокоскоростной обработке//Вестник МГТУ «СТАНКИН», № 1, 2010.

Innovative hardware-software complex for diagnostic high-tech systems

M. P. Kozochkin, D.Sc. in Engineering, Full Professor, Professor of Department «Higheffective technology of mashing», MSTU «STANKIN».

A. R. Maslov, D. Sc. in Engineering, Full Professor, Professor of Department «Higheffective technology of mashing», MSTU «STANKIN».

A. N. Porvatov, PhD, Associate Professor of Department «Electrical Engineering, Electronics and Automation», MSTU «STANKIN».

The article describes an innovative hardware-software complex for diagnostic high-tech systems and developed a method of determining the current state assessment tool based on the acoustic emission signals and instant active power values.

Keywords: diagnostics, acoustic emission, the active power.

Пресс-служба Дальневосточного федерального университета
+7 (423) 222-42-28, press@dvfu.ru, www.dvfu.ru

25 октября 2013 г.

Пресс-релиз

Научный фонд ДВФУ вложил в науку \$1 млн

24 исследовательские команды стали победителями второго конкурса международных научно-исследовательских проектов на получение грантов «Научного фонда Дальневосточного федерального университета». Сумма грантов на первый год реализации проектов составила почти 32 млн руб.

По итогам конкурса обладателями исследовательских грантов стали представители Инженерной школы, Школы естественных наук, Школы биомедицины, Школы гуманитарных наук и Школы искусства, культуры и спорта ДВФУ. За каждый проект-победитель Школы университета также получают гранты на развитие своей материально-технической базы в размере 300 тыс. руб.

— Всего на конкурс поступило около 50 заявок, каждая из которых прошла экспертизу. В качестве экспертов выступили авторитетные и высококвалифицированные российские ученые, — рассказал Александр Саранин, председатель совета программы «Научный фонд», член-корреспондент Российской академии наук.

Напомним, что проект «Научный фонд ДВФУ» реализуется уже второй год. Поддержка фундаментальных и прикладных научных исследований преподавателей — одно из приоритетных направлений деятельности университета. Руководство вуза уделяет особое внимание формированию научно-исследовательской среды, повышению квалификации научно-педагогических кадров, их мотивации на исследовательскую деятельность и вовлечение в международное научное сотрудничество.

За дополнительной информацией обращаться:
Елизавета Олофинская, +7 914 343 68 72, Olofinskaya@m-p.ru.