

УДК 621.19

В.И. Курдюков, А.К. Остапчук, В.Е. Овсянников

ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что внедрение средств диагностирования является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования оборудования в промышленности. Назначение диагностики — выявление и предупреждение отказов и неисправностей, поддержание эксплуатационных показателей в установленных пределах, прогнозирование состояния в целях полного использования доремонтного и межремонтного ресурса.

Практически мгновенная реакция вибросигнала на изменение состояния оборудования является незаменимым качеством в аварийных ситуациях, когда определяющим фактором является скорость постановки диагноза и принятия решения.

Вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования позволяют:

- уточнить причины дефекта и условия его возникновения и развития, оценить влияющие факторы;
- вовремя устранить дефект или увеличить среднюю наработку парка на проявление дефекта (отказа);
- снизить интенсивность проявления дефекта (отказа) при наиболее ответственных режимах работы и эксплуатации машины;
- улучшить организацию работ по разработке и внедрению мероприятий, направленных на устранение дефекта;
- оценить эффективность мероприятий, направленных на устранение дефекта, и выбрать для внедрения наиболее эффективные;
- получить чисто экономический эффект бла-

годаря снижению затрат на внедрение мероприятий, предотвращающих дефект или устраниющих неисправность, и затрат производства на изготовление деталей;

- оценить возможный эффект от разработанных и внедренных мероприятий на ранней стадии, что очень важно, так как полное проявление действия этих мероприятий зависит от наработки изделия после их внедрения.

Однако есть ряд "подводных камней", которые тормозят широкое внедрение данных методов в промышленную практику, основным среди них является сложность самого сигнала вибраакустики. Основной целью данной работы является выявление источников колебаний при чистовой токарной обработке посредством акустической спектрометрии [1-3,5,6,8].

Для изучения вибраакустических сигналов был создан специальный экспериментальный стенд (см. рис. 1) на базе токарного станка с ЧПУ модели 16К20Ф3. Данный станок был подвергнут модернизации — было заменено стандартное устройство ЧПУ на управляющее ЭВМ, сопряжение ЭВМ и блока управления приводами производится посредством специальной карты сопряжения, разработанной специалистами ТюМНГУ.

Для записи вибросигнала использовался датчик-акселерометр KD-45 (фирма-производитель Brüel & Kjaer), сигнал с которого через карту сопряжения на второй ЭВМ, предназначенный для записи, хранения и анализа сигналов. Анализ вибраакустических сигналов производился в специально разработанной программе

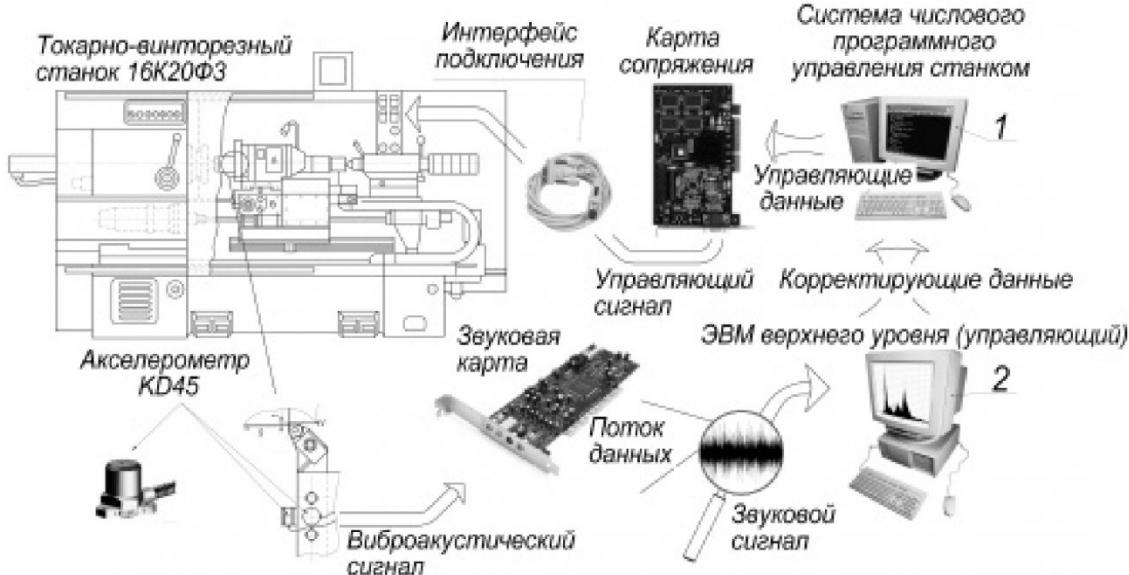


Рис. 1 Стенд для изучения вибраций

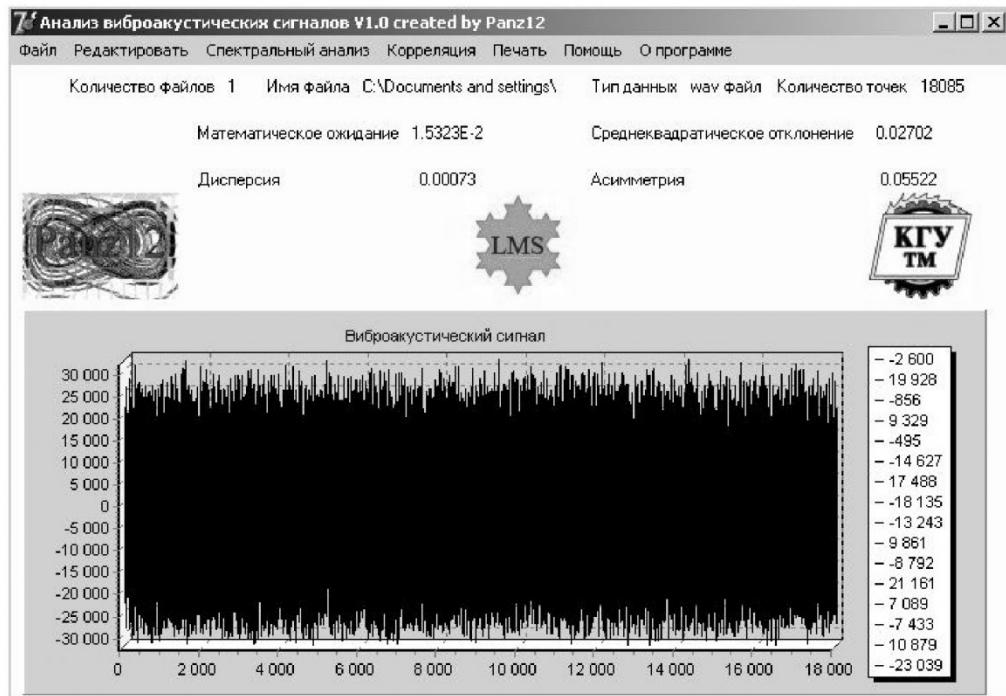
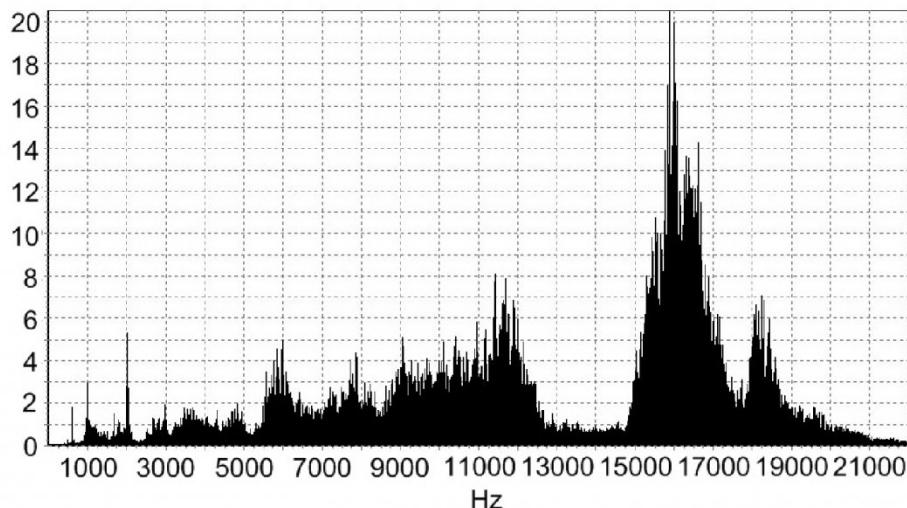


Рис. 2 Программа анализ вибраакустических сигналов

Рис. 3. Спектрограмма вибросигнала при режимах: $s=30$ (мм/мин); $n=1600$ (об/мин); $V=250$ (м/мин)

«Анализ вибраакустических сигналов» [7] (рис. 2).

Пример спектрограммы, полученной при помощи программы [7] приведен на рис. 3:

Проведенные эксперименты и анализ абсолютных колебаний, полученных в процессе обработки, наглядно показали сложность колебательных процессов в технологической системе. Анализ спектров колебаний показал, что при токарной обработке наблюдается сплошной спектр (рис. 3) в частотном диапазоне от 0 до 20 кГц. Энергия вибросигнала по частотам распределена неравномерно, в спектрограммах наблюдаются участки с повышенными уровнями сигнала, как дискретных

составляющих, так и широкополосного вибрационного шума. Отсюда возникает необходимость выяснения природы колебаний на различных частотах.

Для определения частоты колебаний, вызываемой шпинделем, датчик вибраций закреплялся на передней бабке станка, и в ходе диагностики изменялась частота вращения шпинделя.

Для определения частоты колебаний, генерируемых инструментом, проводилась идентификация источника вибраций сравнением спектров вибросигнала, полученных при обработке стальных образцов (Ст. 3) резцом с материалом пластины Т15К6 главным углом в плане $\varphi = 45^\circ$ и ра-

Таблица 1. Частоты, генерируемые основными источниками колебаний обрабатывающей системы

Источник колебаний	Теоретическая частота, кГц	Опытная частота, кГц
1. Волны на дорожках качения подшипников	3...5	3.5...4
2. Державка инструмента	9...11	9.3...10.3
3. Режущая пластина	15.5	13...15.5
4. Режимы резания	6...12	6...15.5

диусом при вершине $r = 1\text{мм}$ и резцом с напайной пластиной; Величина подачи при исследовании составляла $S = 0.07\text{мм/об}$; глубины резания $t = 0.25\text{мм}$; скорости резания $V = 150\text{м/мин}$.

Для определения полосы спектра, зависящей от режимов резания производилась обработка детали из Ст. 3, резцом с материалом пластины Т15К6, главным углом в плане $\varphi = 45^\circ$ и радиусом при вершине $r = 1\text{мм}$; Режимы резания варьировались следующим образом: $S = 0.07\ldots 0.21\text{мм/об}$; $t = 0.25\ldots 1.0\text{мм}$; $V = 110\ldots 315\text{м/мин}$.

В результате обработки полученных экспериментальных данных были выявлены частоты, генерируемые основными источниками колебаний обрабатывающей системы (см. таблицу 1).

Как можно видеть из табл. 1 полученные опытные частоты колебаний с достаточной сте-

пенью точности совпадают с теоретическими, определенными по формулам, приведенным в [4,5].

Адекватность полученных результатов была проверена с помощью аттестованной измерительной аппаратуры:

- анализатора спектра ZET017-U8, позволяющего производить анализ вибраакустических сигналов в частотном диапазоне от 0 до 25 кГц и обладающем уровнем собственных шумов во всей полосе пропускания не более 1мкВ. Предел допускаемой относительной погрешности установки частоты составляет $\pm 0.1\%$;

- модуля АЦП-ЦАП ZET 230 с частотой пропускания до 100 кГц.

Проведенная проверка показала удовлетворительную сходимость результатов измерений (средняя погрешность не превышает 10%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бендат Дж. Применение корреляционного и спектрального анализа. Пер. с англ. / Дж. Бендат, А. Пирсол – М.: Мир, 1983. – 312 с.
2. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с. ил.
3. Грибанов Ю.И. Спектральный анализ случайных процессов. / Ю.И. Грибанов, В.Л. Мальков. – М.: Энергия, 1974. – 240 с. ил.
4. Козочкин М.П. Вибраакустическая диагностика технологических процессов. – М.: ИКФ "Каталог", 2005. – 196 с.
5. Козочкин М.П. Вибраакустические методы оценки состояния режущего инструмента на станках с ЧПУ. / М.П. Козочкин, В.П. Смирнов. – Рук. деп. НИИМаш, 23.11.1983, №338-МШ-Д38.
6. Купер Дж. Вероятностные методы анализа сигналов и систем. Пер. с англ. / Дж. Купер, К. Макгиллем. – М.: Мир, 1989. – 376 с. ил.
7. Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю. Анализ вибраакустических сигналов v 1.0. – М.: ВНТИЦ, 2008. - № 50200802217.
8. Сато Ю. Обработка сигналов. Первое знакомство. – М.: Додэка-XXI, 2002. – 176 с.
9. Ширман А.Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. / А.Р. Ширман, А.Б. Соловьев. – М.: Машиностроение, 1996. – 276 с.

□ Авторы статьи:

Курдюков
Владимир Ильич
- докт.техн.наук, проф. каф. техноло-
гии машиностроения, металлорежу-
ющих станков и инструментов
(Курганский государственный
университет),
Email: panz12@rambler.ru

Остапчук
Александр Константинович
- канд.техн.наук, доц. каф. техноло-
гии машиностроения, металлорежу-
ющих станков и инструментов
(Курганский государственный
университет),
Email: panz12@rambler.ru

Овсянников
Виктор Евгеньевич
- старший преп. каф. инновации и
менеджмента качества
(Курганский государственный
университет),
Email: panz12@rambler.ru