

# ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.002.56; 621.001.4; 621:658.011.56

**В. И. Аверченков, В. П. Федоров,  
М. Н. Нагоркин, В. В. Нагоркина**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОЙ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ И ИЗМЕРЕНИЯ**

*Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия*

Надежность изделий машиностроения во многом определяется эксплуатационными свойствами соединений деталей, к которым относятся износостойкость, контактная жесткость, герметичность и др. В частности, износостойкость соединений до 80 % определяет активную часть жизненного цикла многих изделий машиностроения и, наряду с контактной жесткостью соединений, является одним из определяющих факторов качественной работы узлов и механизмов высокоточного технологического оборудования и оснастки.

Современные достижения технологии машиностроения убедительно показывают, что эксплуатационные свойства (ЭС) деталей машин зависят от точности и ряда функциональных параметров качества поверхности и поверхностного слоя (ПКПС), к которым в первую очередь относятся макроотклонения, волнистость, шероховатость, наклеп и остаточные напряжения. Параметры качества делятся на производственные, которые регламентированы соответствующими стандартами и имеют соответствующее метрологическое обеспечение (профилографы-профилометры различных систем, кругломеры, микротвердомеры и т. д.), и исследовательские, не имеющие указанного обеспечения.

Наиболее эффективными с точки зрения воздействия на контактирующие поверхности деталей машин являются комбинированные методы обработки. Это обусловлено тем, что они обладают большим количеством независимых технологических факторов, увеличивающих технологическую гибкость метода обработки. С этой точки зрения можно проранжировать технологические системы (ТС) обработки поверхностей по эффективности технологического управления параметрами КПС и ПЭС, начиная с менее эффективных, следующим образом:

- 1) обработка резанием (лезвийные и абразивные методы);
- 2) обработка поверхностным пластическим деформированием (накатывание и раскатывание поверхностей шариками и роликами, вибронакатывание, алмазное выглаживание, дорнование и др.);
- 3) электрофизические методы обработки (электромеханическая, электроэрозионная, лазерная и др.);
- 4) обработка методами 1, 2, 3 на станках с числовым программным управлением при использовании последнего не только для формообразования, но и для управления в пределах перехода скоростными, силовыми и другими факторами обработки с целью формирования требуемых свойств обрабатываемой поверхности в функции ее координат программным способом;
- 5) методы обработки, связанные с нанесением различных покрытий различными способами (твердые износостойкие покрытия, многослойные покрытия, мягкие прирабочные пленки, пленки из полимерных материалов и др.);
- 6) комбинированные системы обработки, построенные на основе методов 1–5 и обладающие максимальной технологической «гибкостью» за счет значительного увеличения числа факторов, управляющих формированием КПС.

Все перечисленные системы на современном этапе развития машиностроения предполагают широкую компьютеризацию процессов программирования, управления обработкой и измерениями.

Приведенный перечень методов обработки не претендует на исчерпывающую полноту и предполагает дальнейшее расширение и уточнение.

Детально вопросами формирования качества поверхности и поверхностного слоя занимается относительно новое научное направление в технологии машиностроения — инженерия поверхности. Учение об инженерии поверхностей развивается по пяти научным направлениям, среди которых находится установление, технологическое обеспечение и контроль необходимой формы и параметров качества поверхностного слоя деталей машин. Очевидно, что применение ЭВМ значительно повышает гибкость и эффективность решения этих задач в условиях современного производства.

С целью повышения надежности технологического обеспечения требуемых эксплуатационных свойств поверхности детали необходимо высокопроизводительное измерение и вычисление большого количества параметров качества с высокими требованиями к точности и достоверности получаемых результатов. В настоящее время эти задачи наиболее эффективно могут решаться путем разработки и реализации автоматизированных управляющих измерительно-информационных систем (ИИС) на базе персональных ЭВМ. Основными задачами подобных систем являются автоматизация процесса управления измерениями, сбором, обработкой и представлением информа-

ции, а при необходимости, управление экспериментом, что предполагает объединение в единый комплекс измерительных, регистрирующих и управляющих приборов [1, 2].

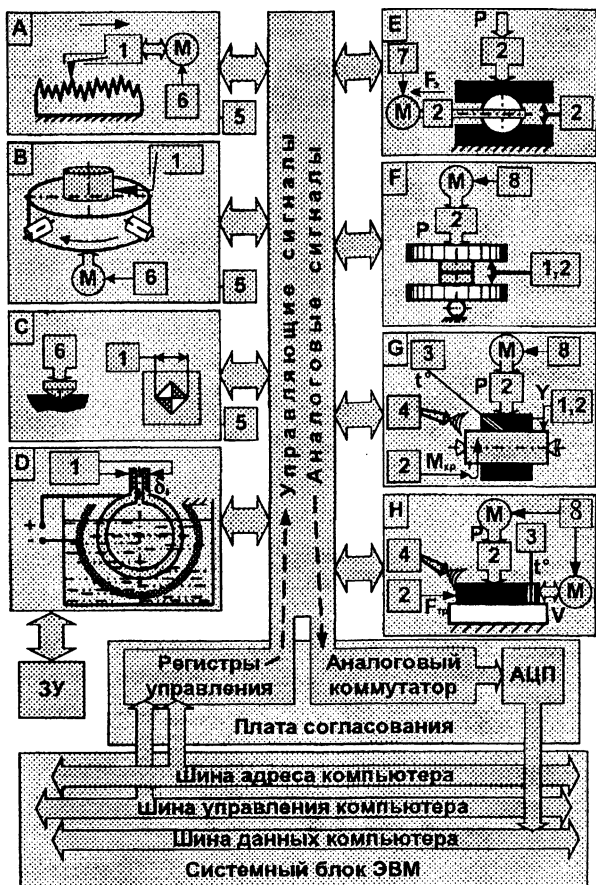


Рис. 1. Блок-схема системы компьютерного мониторинга свойств поверхностей

Управление объектами исследований осуществляется от персонального компьютера типа IBM PC с использованием ЦАП и задающих устройств. Предлагаемая система компьютерного мониторинга (рис. 1) является открытой и включает следующие модули:

• **А, В** — для измерения параметров шероховатости, волнистости и отклонений от круглости с применением серийно выпускаемых профилометров мод. 170311, 170622 и кругломера мод. 175121 («Калибр», Россия);

• **С** — для измерения микротвердости с использованием микротвердомера ПМТ-3М (ЛОМО) и фотозлектрического окулярного микрометра ФОМ-2-16;

• **Д** — для измерения деформаций при исследовании остаточных напряжений поверхностного слоя по методу акад. Давиденкова;

• **Е** — для измерения молекулярной составляющей коэффициента трения на адгезиометре конструкции «ИМАШ»;

• **Ф** — для измерения нормальной контактной жесткости и податливости плоских стыков деталей машин при статических и динамических нагрузках;

• **Г** — для трибодиагностики трибосистем с плоскими поверхностями контакта трибозащитных элементов при статических и программируемых динамических нагрузках, включая измерение контактной податливости;

• **Н** — для трибодиагностики цилиндрических пар трения (подшипники скольжения) при статических и программируемых динамических нагрузках, включая измерение контактной податливости.

В качестве измерительных элементов система компьютерного мониторинга параметров КПС и ПЭС предусматривает использование индуктивных и тензометрических датчиков для измерения перемещений, сил, крутящих моментов; термопар для измерения температуры и ее градиента в зоне контакта трибозащитных элементов; микрофонные датчики для проведения акустического мониторинга как на модулях **Г** и **Н** в процессе исследований, так и на реально эксплуатируемых комплексах трибосистем. Кроме указанных измерительных элементов, автономно могут использоваться измерительные блоки, встроенные в серийно выпускаемые приборы (профилографы-профилометры, кругломеры, твердомеры и т. п.). В этом случае исследователь лишен возможности создания соответствующей автоматизированной базы данных.

В качестве привода исполнительных элементов для модулей **А, В, С, Д** используются встроенные в серийно изготавливаемые блоки приборов 175, 121, 170311, 170622, ПМТ-3М двигатели. Для модуля **З** используется программируемый от ПК привод постоянного тока. Мониторинг нормальной контактной жесткости плоских стыков осуществляется при условиях нагрузки, задаваемых приводом для статических и динамических нагрузок, законы распределения, которых задаются программным методом от ПК. Аналогично задается закон изменения нагрузок, включая программируемую случайную компоненту при мониторинге цилиндрических (**Г**) и плоских (**Н**) трибосистем.

Примерами модулей для измерения параметров шероховатости, волнистости и отклонений от круглости предлагаемой схемы компьютерного мониторинга КПС могут служить измерительно-информационные системы ИИС-1 (рис. 2,а) и ИИС-2 (рис. 2,б), созданные в БГТУ (г. Брянск, Россия).

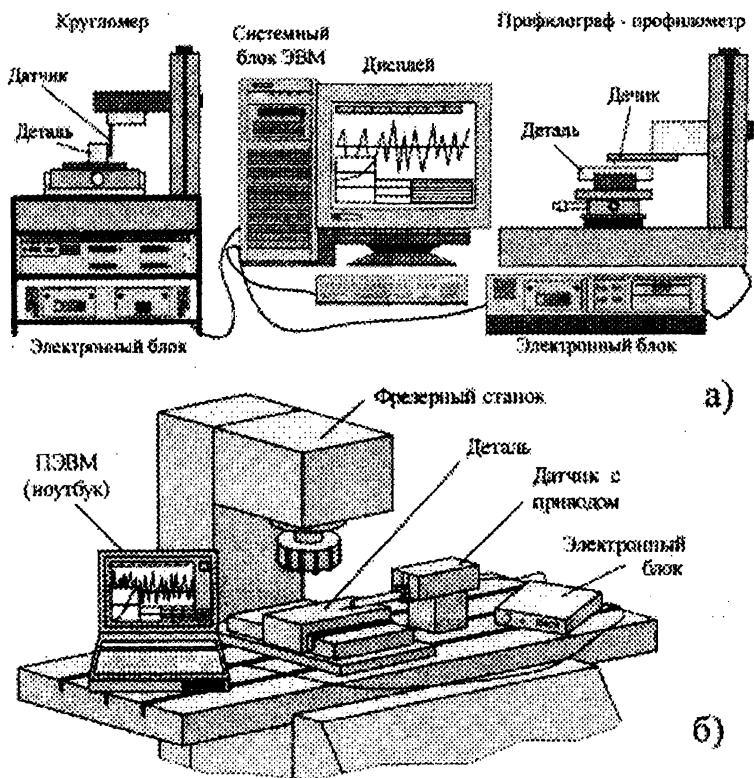


Рис. 2. Состав исследовательской ИИС-1 (а) и производственной мобильной ИИС-2 (б) компьютерного мониторинга геометрических ПКПС

Исследовательская измерительно-информационная система ИИС-1 предназначена для автоматизации измерения и расчета геометрических параметров поверхностей деталей машин, характеризующих шероховатость, волнистость, отклонение от круглости, а также анализа и хранения полученной информации в базах данных.

В составе ИИС-1 в качестве управляющего модуля используется компьютер IBM PC; в качестве измерительных модулей для измерения параметров шероховатости и волнистости — профилограф-профилометр типа мод. 170311 («Калибр»); для измерения отклонений от круглости — кругломер типа мод. 175121 («Калибр»). В качестве модуля сопряжения между ПЭВМ и измерительными блоками применяется универсальный адаптер аналого-цифрового ввода-вывода NVL 03 для IBM PC («Сигнал»). Организация ИИС-1 базируется на модульном принципе построения технических и программных блоков, что позволяет, в отличие от существующих аналогов, модифицировать и наращивать систему.

При измерении обеспечивается визуализация результатов измерения в режиме «реального времени», что дает возможность принимать решение о дальнейших действиях.

Информационно-измерительная система ИИС-1 позволяет измерить и вычислить свыше 10 параметров шероховатости со стандартным алгоритмом расчета; до 10 параметров шероховатости с нестандартным алгоритмом расчета; 5 параметров волнистости; 4 параметра отклонений от круглости.

Программное обеспечение ИИС-1 позволяет производить сервисную обработку измерительной информации — представлять ее в виде таблиц, графиков, моделей и др. Полученная информация хранится в базах данных, в которых можно производить фильтрацию и сортировку результатов измерений по требуемым критериям. Обеспечивается вывод полученных данных на печать в виде компактных и расширенных протоколов.

Для контроля геометрических параметров качества поверхностей деталей машин в лабораторных и цеховых условиях машиностроительных, приборостроительных, ремонтных и других предприятий, предлагается применять информационно-измерительную систему ИИС-2, отличающиеся высокой производительностью измерений. По своим возможностям измерительно-информационная система ИИС-2 аналогична ИИС-1, но отличается технической реализацией, размерами и высокой мобильностью.

В качестве вычислительного (управляющего) модуля может применяться любой компьютер типа IBM PC. В качестве измерительного модуля выступает блок привода с датчиком-преобразователем от профилометра мод. 170622, устанавливаемый, в зависимости от габаритов измеряемой детали, непосредственно на измеряемую поверхность или на сменных опорах. В качестве блока согласования используется разработанный электронный блок оригинальной конструкции, выполняющий функции сопряжения управляющего и измерительного блоков, а также аналого-цифрового преобразователя. Присоединение электронного блока к компьютеру производится через последовательный COM-порт.

При создании программного обеспечения ИИС-2 использовались пакеты прикладных программ математического обеспечения, специального назначения (обработка результатов измерения) и метрологического обеспечения, разработанные ранее для ИИС-1. Поэтому ИИС-2 обладает возможностями и достоинствами, присущими предыдущей системе.

Измерительно-информационная система позволяет рассчитать и вывести на экран дисплея компьютера результаты расчетов свыше 20 параметров шероховатости и волнистости; построить график относительной опорной кривой профиля неровностей поверхности детали, производить ряд сервисных операций исследования профилограмм.

Основным достоинством системы является большая скорость измерений, небольшой габарит (размеры электронного блока 200x150x40 мм), малый вес (до 3 кг).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аверченков В. И., Федоров В. П. Компьютерные системы обработки и контроля качества поверхностного слоя деталей машин // Инженерия поверхности. Приложение. Справочник. Инженерный журнал. № 8. — М.: Машиностроение, 2002. — С. 16–19.
2. Аверченков В. И., Ковальова О. В., Нагоркин М. М., Федоров В. П. Інженерія і комп'ютерний моніторинг поверхонь деталей машин при обробці на верстатах із ЧПУ // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. Технічні науки. — 2001. — С. 7–14.

УДК 621.787.6: 519.8

В.В. Афаневич

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНОГО РАСКАТЫВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ

*Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь*

Одной из реализаций метода поверхностно-пластического деформирования деталей является инерционно-импульсная обработка, при которой деформирующие тела (шарики) получают движение, перпендикулярное обрабатываемой поверхности, и наносят по ней удары. Инструмен-