

214-221.

3. Верещака А.С., Верещака А.А. Функциональные покрытия для режущего инструмента. Упрочняющая технология и покрытия № 6, 2010. с. 28-37.
4. Верещака А.С., Обрезков О.И., Дюбнер Л.Г. Разработка технологии синтеза вакуумно-дуговых покрытий ассистируемого высокоэнергетическими ионами. Труды междунар. научной конферен. «Протек-02». Т 1. М.: Изд-во МГТУ «СТАНКИН», 2002. с. 139-152
5. Vereschaka A.S., Vereschaka A.A., Kirillov A.K. Ecologically friendly dry machining by cutting tool from layered composition ceramic with nano-scale multilayered coating. Key Eng. Materials Vol.496 (2012), pp. 67-76.
6. Grigoriev S.N., Vereschaka A.A., Vereschaka, A.S., Kutin A.A. Cutting tools made of layered composite ceramics with nano-scale multilayered coatings. Procedia CIRP 1 (2012), pp. 318 – 323.
7. Vereshchaka A.S., Karpuschewski B., Dubner L. Development of the method of obtaining nanostructured functional coatings. Proceedings of the Intern. Scient. Conf. “Production. Technology”. V.1. (2008), p. 62.
8. Smith I.J., Mu.nz W.D., Donohue L.A., Petrov I., Greene J.E. Surface Eng. 14 (1) (1998) 37-41.
9. Donohue L.A., Lewis D.B., Mu.nz W.D., Stack M.M., Lyon S.B., Wang H.W., Rafaja D. Vacuum 55 (1999) 109-114.
10. Luo Q., Rainforth W.M., Mu.nz W.D. Wear 74 (1999) 225-229.
11. Hovsepian P.E., Lewis D.B., Mu.nz W.D. Surf. Coat. Technol. 133\_ /134 (2000) 166-175.

**Применение информационных технологий в науке на примере разработанного испытательного комплекса для измерения точности вращения шпиндельного узла станка**

д.т.н. проф. Максимов Ю.В., Кузьминский Д.Л.  
Университет машиностроения  
rkb@mami.ru

*Аннотация.* Современное машиностроение невозможно представить без информационных технологий. Станки являются яркими представителями симбиоза механики и электроники. Несмотря на обилие параметров, которые контролируются в станках, наиболее важным параметром является точность вращения шпиндельного узла станка. Разработанный испытательный комплекс создан на базе современной информационной системы National Instrument и позволяет измерять точность вращения шпиндельного узла.

*Ключевые слова:* информационные технологии, станочное оборудование, контроль точности вращения шпиндельного узла

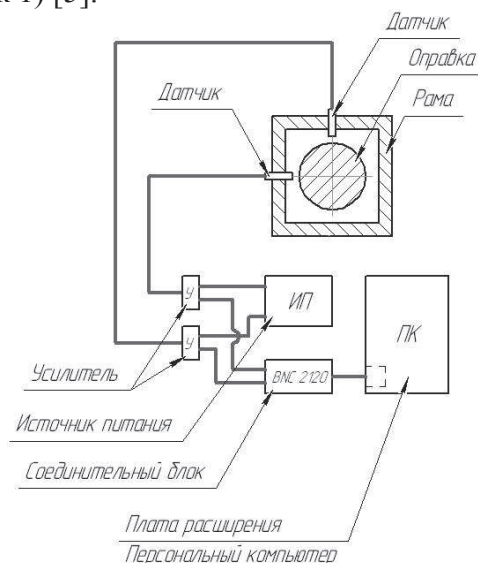
При обработке различных заготовок на станках особую роль играет точность самой обработки [1, 2]. На точность влияют не только инструмент, скорость или подача, но и точность вращения шпиндельного узла (ШУ). Любая его несоосность непосредственно влияет на обрабатываемую поверхность, поэтому уделим этому особое внимание [3, 4].

В современной промышленности есть множество приборов, которые позволяют производить различные измерения на станках, но многие из них имеют два основных недостатка: малая универсальность и дороговизна. Мы поставили перед собой задачу разработать универсальный измерительный комплекс, позволяющий решать различные измерительные задачи, при этом обладающий приемлемой ценой.

Для решения данной задачи использовался такой инструмент, как среда программирования LabVIEW компании National Instruments, которая позволяет путем считывания сигналов представить общую картину того или иного явления. Хотя быстроедействие порой оставляет желать лучшего, среда достаточно проста для пользователя. Одним из неоспоримых

преимуществом LabVIEW является интуитивно понятный интерфейс, что позволяет исследователю самостоятельно создавать новое программное обеспечение (ПО). Работа осуществляется соединением «блок-схем» в отличие от неграфических языков программирования, где нужно продумывать каждую следующую строчку, проводя много времени в поисках нужного оператора. Одно и то же оборудование компании National Instruments может быть использовано в разных измерительных системах, необходимо только перекомпоновать блоки, разработать новое ПО, и новый измерительный комплекс готов к использованию.

Сотрудники кафедры «Автоматизированные станочные системы и инструменты» разработали специальный испытательный комплекс, позволяющий измерять смещение оси вращения ШУ, а следовательно, и инструмента во время работы станка [3]. В состав разработанного испытательного комплекса входят: специальная оправка с контрольной мерой, вихретоковые преобразователи перемещений, приспособление для установки датчика, усилитель, источник питания, соединительный блок BNC 2120, плата расширения DAQCard-6062E, персональный компьютер (рисунок 1) [5].



**Рисунок 1. Структурная схема разработанного измерительного комплекса**

При испытании ШУ, в результате перемещения шпинделя под воздействием эксплуатационных нагрузок, происходит изменение первоначально установленного зазора между контрольной мерой и датчиками (рисунок 1). Сигналы об изменении зазора с преобразователями поступают на входы усилителей, далее сигнал передается в соединительный блок BNC 2120, откуда в плату расширения DAQCard-6062E. После того как данные переданы на ПК, специальная программа позволяет отследить все показания датчиков (показывает зазор каждого датчика в отдельности), построить траекторию движения оси шпинделя, а также позволяет экспортировать полученные данные в файл для дальнейшей обработки полученных результатов. Статистическая обработка совокупности наблюдений позволяет повысить достоверность искомой информации об исследуемых параметрах.

Погрешности оправки в контрольной мере могут быть выявлены путем анализа изображения замкнутой кривой, полученной при медленном вращении шпинделя. При этом перемещения шпинделя (смещения его оси) под воздействием эксплуатационных факторов отсутствуют и на формирование параметров замкнутой кривой не влияют. Полученная таким образом замкнутая кривая принимается за начало отсчета при исследовании траекторий оси шпинделя в процессе испытаний ШУ на эксплуатационных режимах и в диапазоне изменения частот вращения от 50 - 1000 мин<sup>-1</sup>.

Приоритетной областью использования вихретоковых измерителей является контроль осевого смещения и поперечного биения валов, в которых используются подшипники качения и скольжения. Кроме этого, вихретоковые системы применимы для измерения эксцентриситета валов; для измерения толщины диэлектрических (лакокрасочных) покрытий на металлическом основании; для измерения величины относительного температурного расшире-

ния механизмов; для измерения величины износа трущихся деталей и механизмов; в качестве бесконтактных концевых выключателей; для измерения слоя металлизации на диэлектрическом основании. Другими словами, данные измерительные блоки можно использовать в различных, порой не связанных между собой областях, необходимо лишь перевесить ПО.

Конструктивно ВТПП состоит из обмотки (проволока ПЭЛ-0,07, 100 витков) и ферритового сердечника 8 мм. Противоположный относительно обмотки конец сердечника закрепляется в металлическом корпусе, выполненном в виде втулки. Достоинства ВТПП: простота конструкции, высокая чувствительность, высокая динамическая точность, надежность, в данном диапазоне измерения параметров траекторий функция преобразования близка к линейной с заданной точностью.

Для установки двух ВТПП с зазором в пределах до 1мм относительно контрольной меры, проходящих через ось шпинделя (рисунок 1), служит приспособление жесткая рама. Регулировка положения ВТПП осуществляется с помощью подвижных переходных втулок, устанавливаемых в отверстиях для крепления датчиков.

Изменение зазора между торцевой поверхностью ВТПП и наружной цилиндрической поверхностью оправки (контрольной меры) происходит вследствие перемещений шпинделя под воздействием нагрузок, что вызывает изменение индуктивности ВТПП, который входит в резонансный контур.

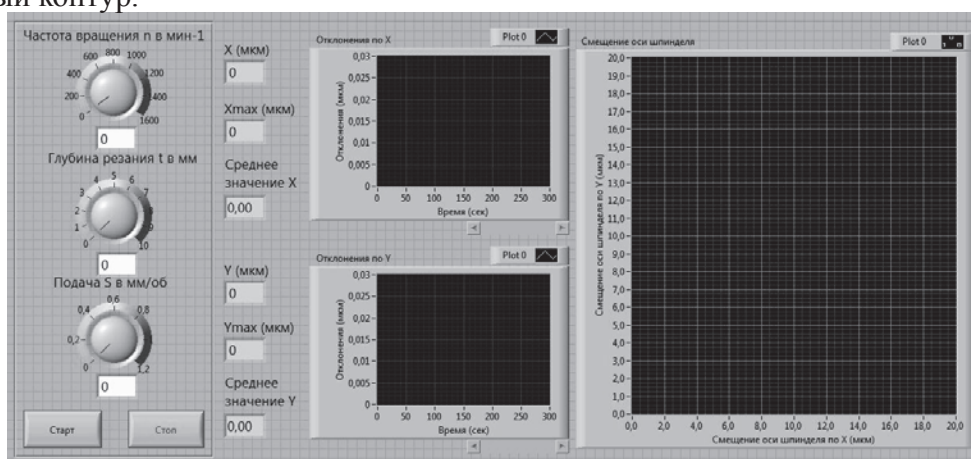


Рисунок 2. Внешний вид разработанного программного обеспечения

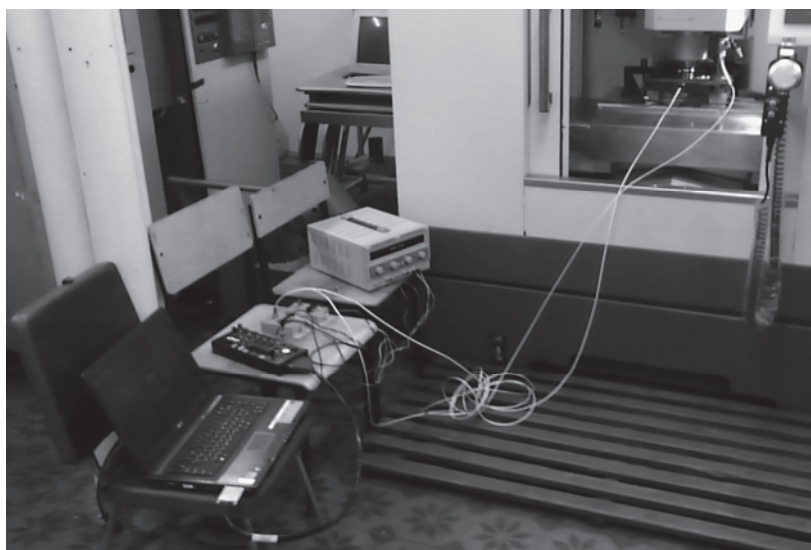


Рисунок 3. Общий вид испытательного комплекса в сборе

Программное обеспечение написано на языке LabVIEW и позволяет сконфигурировать интерфейс специально под конкретные задачи. В нашем случае ПО позволяет получать данные с платы расширения и преобразовывать полученные электрические сигналы в метрические размеры (изменение зазора). ПО выводит на панель интерфейса (рисунок 2) пользовате-

ля графики изменения зазора, текущий зазор, максимальный и минимальный зазоры, по каждому датчику в отдельности. По желанию оператора данные можно сохранить в отдельном файле для дальнейшей обработки (рисунок 3).

После проведения испытания программа формирует файл, в котором записаны режимы работы и возникающие при этом отклонения оси вращения шпинделя. Ввиду того что данный файл выглядит как таблица безликих цифр, анализирование измеренных параметров крайне затруднительная задача. Для упрощения анализа результатов измерения данные подвергаются математической обработке, с целью создания модели, позволяющей прогнозировать точность оси вращения шпиндельного узла (ШУ).

#### **Выводы**

1. Учитывая возможные скорости вращения ШУ, постоянно следить за изменениями осевых отношений мы не можем. Однако по графику работы в определённом режиме, мы можем судить о конечном результате при неизменности условий обработки. Наблюдение за экраном поможет проследить возможные новые отклонения.
2. Разработанный комплекс имеет большую гибкость и позволяет создать на своей основе новые самодостаточные измерительные комплексы без вложения дополнительных средств в оборудование.
3. Интуитивно понятный интерфейс LabVIEW позволяет создавать ПО с привлечением студентов, что позволяет использовать данное оборудование не только в научных целях, но и в учебном процессе.

#### **Литература**

1. Митрюшин Е.А., Моргунов Ю.А., Саушкин С.Б. Анализ технологических решений при изготовлении штампов для объемной горячей штамповки. «Металлообработка», 2009, № 6, с. 23-28.
2. Гречишников В.А., Косарев В.А. Инновационные конструкции металлообрабатывающего инструмента для высокотехнологичных машиностроительных производств. Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2011. № 12. с. 38-44.
3. Анкин А.В. Кузьминский Д.Л. Разработка программного обеспечения для расчета пространственной размерной цепи. // Известия МГТУ «МАМИ» № 2, 2011, с. 106-110.
4. Максимов Ю.В., Порхунов С.Г., Кузьминский Д.Л. Особенности расчета и оптимизации сварной станины для уникальных станков. // Известия МГТУ «МАМИ» № 2(14), 2012, с. 98-104.
5. Порхунов С.Г., Кузьминский Д.Л. Solid Works как основа для проектирования. САПР и графика, 2011, № 11, с. 97-99.

### **Результаты графоаналитических исследований математических моделей анализа лазерных систем автоматического контроля и управления параметрами вибраций технологических объектов и конструкций**

Матросова В.В., к.т.н. доц. Мурачев Е.Г.  
Университет машиностроения,

8(495)223-05-23, внутр.1264, capitan.milena@mail.ru, profmur@mail.ru

*Аннотация.* Математическое моделирование предполагает поиск оптимальных решений. Управление параметрами вибрации объектов и конструкций позволяет увеличить срок их эксплуатации. Проведен анализ влияния таких параметров, как соотношение мощностей каналов  $m$ , угла непараллельности  $\beta$ , а также угла погрешности оптического обращения  $\alpha$  на коэффициент стабилизации  $K$ .

*Ключевые слова:* вибрация, лазерные системы, автоматический контроль, параметры вибрации.

**Методы построения на ПЭВМ расчётных графиков анализа погрешностей ЛВ ДОК**  
Построение на ПЭВМ расчётных графиков зависимостей **анализа ЛВ ДОК** проводи-