



www.ria-stk.ru/mi

# МИРО Измерений

12  
2014



**Эталонные приборы для поверки  
концевых мер длины, микрометров,  
штангенциркулей, скоб, нутромеров,  
индикаторов, головок, угольников,  
линеек, плит, квадрантов**

**Разработчик и производитель –  
Инженерно-метрологический центр “Микро”**



Прибор для поверки  
индикаторов ППИ-50



Прибор для поверки  
квадрантов ППК



Уровни электронные М-050



Экзаменатор эталонный  
I разряда М-055



Головки измерительные  
ИГПЦ и ИПМЦ



Установка для поверки  
концевых мер длины УКМ-100



Прибор для поверки  
угольников ППУ-630



Индуктивная система М-200

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д.29  
Тел. (812) 981-49-65, тел./факс: (812) 591-66-61  
E-mail: imcmikro@mail.ru www.imcmikro.ru



ISSN 1813-8667  
9 771813 866008 >

Тема номера:  
Металлообработка



# ТЕККНО

НЕКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

[www.tekkno.ru](http://www.tekkno.ru)

## Инновационные пирометры для дистанционных измерений температуры металлов



### Применение

- Пирометаллургия
- Электрометаллургия
- Металлотермия
- Термообработка

### Современные пирометры

- Последние достижения науки и техники
- Высокая технология проектирования
- Высокое качество сборки
- Высокая точность, надежность, достоверность
- Развитый интерфейс для внедрения в АСУ
- Исполнения для любых условий эксплуатации



**ЗАО «Теккно» — ведущий поставщик оборудования в области бесконтактных измерений температуры. Наши специалисты помогут сделать правильный выбор из более чем 500 модификаций пирометров и тепловизоров.**

196066, Санкт-Петербург  
Московский пр., 212, а/я 57  
Телефоны:  
(812) 324-5627  
(812) 324-5628  
(812) 324-5629  
e-mail: [info@tekkno.ru](mailto:info@tekkno.ru)

Филиал г. Москва  
127106, Алтуфьевское ш., 1, оф. 207  
Тел./Факс: (495) 988-1619  
e-mail: [msk@tekkno.ru](mailto:msk@tekkno.ru)

Филиал г. Челябинск  
454084, пр. Победы, 168, оф. 526  
Тел.: (351) 267-2374, 267-2375  
Моб.тел.: (922) 757-0701, (922) 757-0702  
e-mail: [chel@tekkno.ru](mailto:chel@tekkno.ru)

Филиал г. Новосибирск  
630099, ул. Ядринцевская, 53/1, оф. 217  
Тел.: (383) 218-8571  
Моб.тел.: (923) 143-3346  
(923) 153-3346  
e-mail: [novosib@tekkno.ru](mailto:novosib@tekkno.ru)



16+

Ежемесячный  
метрологический  
научно-технический  
журнал

Основан в марте 2001 г.

Учредители



ООО "РИА "Стандарты  
и качество"

Общероссийская  
общественная организация  
"Всероссийская  
организация качества"

Генеральный директор  
Н.Г. Томсон

Редакционный совет

Ю.В. Тарбеев, председатель  
Ю.С. Васильев  
М.В. Балаханов  
И.Ф. Шишкин  
Н.П. Муравская  
Н.Н. Новиков  
О.А. Сперанский  
Н.Г. Томсон  
В.П. Иванов

Тел.: (495) 771 6652,  
988 8434  
Факс: (495) 771 6653  
E-mail: mi@mirq.ru  
mi.55@mail.ru

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77-33231 от 26.09.2008

Журнал входит в базу данных РИНЦ  
на платформе Elibrary.ru

При перепечатке материалов  
ссылка на журнал и его электронную  
версию обязательна

Редакция не несёт ответственность  
за содержание рекламы

Подписные индексы:  
каталог агентства  
"Роспечать" – 80407,  
объединённый каталог – 39445

Подписано в печать 25.11.2014  
Бумага мелованная матовая 60×90/8.  
Печать офсетная. Усл. п. л. 8.  
Тираж 1000. Свободная цена.  
Заказ 162103

Отпечатано в типографии "Вива-Стар".  
107023, Москва,  
ул. Электровзводская, д. 20



© ООО "РИА "Стандарты и качество", 2014



# ММЮ ИЗМЕРЕНИЙ

12 (166) 2014

ТЕМА НОМЕРА: **МЕТАЛЛООБРАБОТКА**

*А.С. Комшин, А.Б. Сырицкий*  
**Измерительно-вычислительные технологии эксплуатации металлорежущего  
оборудования и инструмента** ..... 3

*К.Г. Потапов*  
**Оценка технического состояния главных приводов токарных станков  
фазохронометрическим методом** ..... 10

*О.В. Уманова*  
**Метрологические характеристики блока линейных концевых мер в слабоградиентном  
температурном поле** ..... 19

*А.В. Игнатов*  
**Подготовка поверхностного слоя детали при сборке клеевых соединений  
в машиностроении** ..... 25

**ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ТИПОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ** ..... 33

**ТЕОРИЯ. ЭКСПЕРИМЕНТ. ПРАКТИКА**

*А.М. Базиненков*  
**Перспективы применения гидравлического модуля параллельной кинематики  
с магнитореологическим управлением для создания виброизолирующих платформ  
прецизионного оборудования** ..... 38

*Н.В. Кузь, Н.И. Козленко*  
**Система совместного сбора показаний приборов учёта энергоносителей  
в бытовой сфере** ..... 43

**КВАНТОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ – БУДУЩЕЕ МЕТРОЛОГИИ**

*М.В. Солошенко, В.Л. Янчилин*  
**Эффект Солошенко – Янчилина: время ускоряется в поле гравитации** ..... 47

**ВЕЛИКОЕ ПРОШЛОЕ**

*Е.М. Лупанова*  
**Телескоп Джона Каффа в России** ..... 54

**КОНФЕРЕНЦИИ. ВЫСТАВКИ. СОБЫТИЯ**

*П.В. Дмитриев*  
**Международная специализированная выставка "Мир килограммов и метров"** ..... 58

**УКАЗАТЕЛИ** ..... 59



В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:  
**СТРОИТЕЛЬСТВО**

Реклама в номере:

ЗАО "НПЦентр" – 36 •  
ООО "Вибра Рус" – 3-я с. обложки •  
ООО ИМЦ "Микро" – 1-я с. обложки •  
РОНКТД – 4-я с. обложки •  
ЗАО "Крокус" – 58 •  
ЗАО "Текноу" – 2-я с. обложки

РИА "Стандарты и качество" – 64 •

## Подписка

принимается во всех отделениях связи

**80407** каталог агентства "Роспечать"

**39445** объединённый каталог

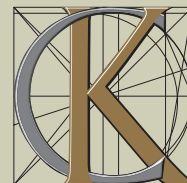
**10968** каталог МАП "Почта России"



# ММЮ Измерений

MEASUREMENTS WORLD

12 (166) 2014



РИА СТАНДАРТЫ  
И КАЧЕСТВО

**Издатель**

**ООО "РИА "Стандарты  
и качество"**

**Редакция**

Главный редактор  
Т.В. Шавина

Заместитель главного  
редактора  
А.Я. Стефанова

Ответственный секретарь  
Е.Д. Куничева

Редактор  
Е.А. Ремнева

**Вёрстка**

А.М. Федотов

**Директор по развитию бизнеса**

А.И. Анискин  
(495) 988 0689

**Исполнительный директор**

Н.В. Кунафеева  
Тел.: (495) 771 6652, 988 8434

**Начальник отдела продаж  
(подписка)**

О.В. Абрамова

**Менеджеры по работе  
с клиентами**

А.В. Сафроньева  
В.А. Мякова  
Тел.: (495) 258 8436  
Факс: (495) 258 8437  
E-mail: podpiska@mirq.ru

**Начальник отдела маркетинга**

А.И. Колесников

**Менеджеры**

Г.Л. Смирнова  
А.В. Птушкин  
E-mail: reklama@mirq.ru

**Директор по федеральным  
проектам**

Л.И. Гаруськина  
(495) 771 6652 доб. 127  
E-mail: liga@mirq.ru

**Заместитель директора**

Е.В. Соловьёва  
(495) 771 6652 доб. 333  
E-mail: riastk27@mirq.ru

**Интернет-магазин**

www.ria-stk.ru

**Адрес редакции**

115280, Москва  
ул. Мастеркова, д. 4  
"РИА "Стандарты и качество"  
DUNS номер международной  
системы идентификации  
бизнесов D&B: 354699405

## MAIN FEATURE: METAL-WORKING

*A.S. Komshin, A.B. Syritsky*

**Measuring and Computing Technologies for Metal-Cutting Equipment and Tools Operation ..... 3**

*K.G. Potapov*

**Phase-chronometric Estimation of Lathes Main Drives Operating Conditions..... 10**

*O.V. Ummanova*

**Metrological Characteristics of the Linear Limit Measures Block in Weak Gradient Thermal Field ..... 19**

*A.V. Ignatov*

**Preparation of Details Blankets while Glue Joins Assembling in Machine-building ..... 25**

**APPROVING TYPES OF MEASURING INSTRUMENTS ..... 33**

## THEORY. EXPERIMENT. PRACTICE

*A.M. Bazinenkov*

**The Outlook for the Hydraulic Parallel Kinematics Module with Magnitorheologic Control Application as an Element of Vibroinsulating Platforms for Precise Equipment ..... 38**

*N.V. Kuz', N.I. Kozlenko*

**The System for Joint Capturing the Readouts of Household Power Supply Meters ..... 43**

## QUANTUM MEASUREMENTS AS THE FUTURE OF METROLOGY

*M.V. Soloshenko, V.L. Janchilin*

**The Soloshenko – Janchilin Effect: Time Accelerates within the Gravity Field ..... 47**

## GREAT PAST

*E.M. Lupanova*

**John Kuff's Telescope in Russia ..... 54**

## CONFERENCES. EXHIBITIONS. EVENTS

*P.V. Dmitriev*

**International Specialized Exhibition "The World of Kilograms and Meters" ..... 58**

**INDEXES ..... 59**



IN THE NEXT ISSUE:

**CONSTRUCTIONAL ENGINEERING**

**Subscribe**  
"Mir Izmereniy" (Measurements World)

In Russia, CIS, Baltic states  
"Rospechat" Agency  
www.rosp.ru

In other countries  
"MK-Periodica" agency  
www.periodicals.ru

# Измерительно-вычислительные технологии эксплуатации металлорежущего оборудования и инструмента

*В работе рассмотрены основные проблемы и задачи оценки текущего технического состояния металлорежущего оборудования, включая требования точности обработки деталей. Представлена измерительно-вычислительная технология диагностики технического состояния металлорежущего оборудования и элементов его конструкции на базе фазохронометрического метода. Показаны возможности и преимущества использования данной технологии для оценки текущего технического состояния станков и их элементов, режущего инструмента, качества поверхности обрабатываемых деталей. Показан экономический эффект внедрения измерительно-вычислительных технологий в процессы производства.*

Стремительное развитие машиностроения ставит перед наукой и промышленностью целый ряд новых задач, требующих внедрения передовых разработок, перспективных технологий, создания новых приборов и устройств. Начало XXI века ознаменовало переход развитых экономик мира из 5-го в 6-й технологический уклад\*. По мере развития новых технологий на передний план выходят та-

кие направления, как наноэлектроника, наноматериалы, нанобиотехнология, наносистемы. Безусловно, технологический прорыв в рамках 6-го уклада возможен только при широком внедрении в практику элементов информационных измерительных технологий и наличии развитой промышленности, в первую очередь машиностроения [1].

В условиях современного производства подавляющее большинство решений принимается на основе измерительной информации. Особенно важно качество измерительной информации при диагностике и прогнозирующем мониторинге

\*Подробнее о технологических укладах см. в материале "Дело, у которого нет хозяина, – бесполезное дело" // Мир измерений. – 2014. – № 7. – С. 27–32. – Прим. ред.

**А.С. Комшин,**  
кандидат технических наук

**А.Б. Сырицкий**

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Ключевые слова: измерения; точность; математическое моделирование; оценка технического состояния; фазохронометрия; диагностика; экономический эффект

# ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТА

технического состояния оборудования. К сожалению, на сегодняшний момент ни одна отрасль промышленности не ушла от системы планово-предупредительных ремонтов. Это обусловлено тем, что современным системам технической диагностики свойственны такие недостатки, как слабая прослеживаемость измерений к эталонной базе, низкий уровень точности измерений, отсутствие универсальности, работа по принципу регистрации лишь аварийных и предаварийных ситуаций. В некоторых отраслях промышленности такая ситуация проявляется особенно остро, в частности, это относится к металлообработке.

Повысить производительность оборудования возможно, например, путём перехода от планово-предупредительных ремонтов, при которых станок выключается из производственного процесса на некоторое время, к ремонту по фактическому состоянию узлов станка. Кроме того, точность обработки деталей на станке зависит в том числе и от состояния режущей кромки инструмента. Поэтому, зная фактическое значение её износа, возможно перейти к оценке погрешности обработки деталей в процессе точения, т. е. ещё до выполнения контрольной операции. Однако для успешного решения вышеописанных задач необходимо создание системы сбора данных и диагностики, удовлетворяющей следующим критериям:

- низкий уровень погрешности измерения рабочих характеристик машины;
- широкая номенклатура диагностируемых видов отказа и неисправностей в работе машины;
- высокая степень корреляции между характеристиками объекта

диагностики и параметрами многофакторной математической модели его работы;

- неинвазивность метода диагностики и его универсальность по отношению к совокупности однотипных объектов диагностики;

- стоимость, не превышающая 10% от стоимости диагностируемой машины;

- возможность встраивания в программную оболочку системы числового программного управления (ЧПУ) станка.

Согласно таким документам, как подпрограмма “Развитие отечественного станкостроения и инструментальной промышленности на 2011–2016 годы” федеральной целевой программы “Национальная технологическая база” на 2007–2011 гг., а также государственные программы Российской Федерации “Развитие судостроения на 2013–2030 годы”, “Стратегия развития российских железных дорог до 2030 года”, имеющим важное значение как для регионов России, так и для страны в целом, можно выделить следующие первоочередные задачи развития отечественной промышленности:

- разработка и подготовка серийного производства конкурентоспособных импортозамещающих средств машиностроительного производства в части обеспечения диагностирования механообрабатывающего оборудования и инструмента, необходимых для технологического перевооружения российских стратегических машиностроительных организаций;

- создание новых видов измерительного оборудования, в том числе специализированных средств измерений размеров, формы и параметров качества поверхности, обеспечивающих производство прецизи-

онного механообрабатывающего оборудования и инструмента;

- обеспечение технологического перевооружения организаций российского машиностроения и процесса постоянного воспроизводства и совершенствования применяемых ими технологий производства;

- повышение конкурентоспособности отечественной промышленности;

- создание уникальных информационных производственных технологий на новом метрологическом уровне;

- создание опережающего научно-технического задела, отработка перспективных и прорывных критических технологий в машиностроении;

- создание нового перспективного ряда продукции и модернизация существующего ряда.

При этом в отношении металло-режущих станков предъявляются постоянно растущие требования к точности обработки деталей, увеличению производительности и надёжности. Однако применяемое измерительное и контрольно-диагностическое оборудование, приборы и средства метрологического обеспечения не всегда позволяют в полной мере получать достоверные и своевременные сведения о техническом состоянии объектов. Отсутствуют также взаимосвязанные технические средства оценки функционирования и систематического мониторинга текущего технического состояния станков последовательно на этапах изготовления, эксплуатации и ремонта. Всё это связано с низким метрологическим уровнем имеющегося диагностического оборудования станков.

Вместе с тем совокупность погрешностей металло-режущих станков, включая геометрические, кине-

математические, упругие, динамические и многие другие, в достаточной мере описана как в нормативных отечественных и зарубежных документах, так и в научной литературе [2–6].

С использованием традиционных подходов современные автоматизированные технологические системы невозможно в полной мере диагностировать в процессе эксплуатации [2]. В связи с этим требуется разработать новые подходы к экспериментальным исследованиям и уточнить методы расчёта динамики станков в режиме функционирования на основе многофакторных и уточнённых математических моделей [2, 7, 8]. Для рациональной и экономически обоснованной эксплуатации обрабатывающего оборудования необходимо следующее [9]:

- диагностика текущего технического состояния оборудования;
- переход от системы планово-предупредительных ремонтов к системе ремонтов по текущему техническому состоянию;
- научно обоснованная оценка остаточного ресурса;
- прогнозирующий мониторинг безаварийной работы станка;
- надёжная аварийная защита.

Одно лишь соблюдение принципа взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц по геометрическим параметрам оказывается недостаточным для изготовления высокоточного станка. При эксплуатации изделия вступает в силу неустранимый фактор времени, проявляющийся в износе деталей и деградации материалов. В связи с этим обостряется проблема оценки текущего технического состояния и прогноза работы станка. Поставленную задачу можно решить с применением фазохронометрического метода информационно-метрологического сопровождения цикличес-

ких машин и механизмов [8, 9]. Актуальность развития данного научного направления обусловлена следующими факторами:

- отсутствием прямых аналогов фазохронометрического метода и возможностью реализации технической диагностики циклических процессов на более высоком метрологическом и информационном уровне;
- отечественным приоритетом в разработке фазохронометрического метода оценки технического состояния циклических машин и механизмов;
- высокой чувствительностью метода к недоступным ранее деградационным изменениям в материале на ранних стадиях их появления, обусловленной использованием фундаментальных достижений хронометрии в области повышения точности измерений.

Погрешность метода при изменении интервалов времени в условиях эксплуатации станка составляет не более  $\pm 1 \times 10^{-7}$  с, что соответствует, например, для металлорежущего станка относительной погрешности  $1 \times 10^{-5}\%$  от номинального периода частоты шпинделя при резании (1500 об/мин).

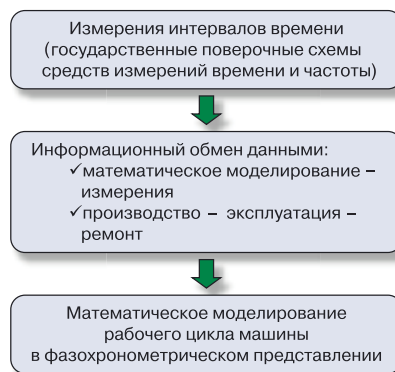
Представленный метод необходимо рассматривать как измерительно-вычислительную технологию, обеспечивающую диагностирование технического состояния металлорежущего оборудования и элементов его конструкции и контроль качества поверхности детали в процессе обработки (рис. 1). Основные элементы измерительно-вычислительной технологии приведены на рис. 2.

Патентные исследования и анализ научной периодики показали, что экспериментальные и теоретические исследования и диагностика технического состояния станков,

а также оценка режимов резания актуальны и представляют значительный интерес. На сегодняшний день на практике применяются в основном следующие методы диагностики: диагностика работы приводов (патент РФ № 2399033 от 02 февраля 2009 г., патент № 160575 Евросоюза от 31.03.1993 г.); вибрационная диагностика (патент РФ № 2332652 от 25.12.2006, патент РФ № 2363936 от 10.08.2009, патент США № US 4,985,857 от 15.01.1991), диагностика, основанная на звуковых методах (патент США № US 5,220,839



**Рис. 1** Задачи, решаемые внедрением измерительно-вычислительной технологии диагностики на базе фазохронометрического метода



**Рис. 2** Основные элементы измерительно-вычислительной технологии диагностики на базе фазохронометрического метода