

# НАУЧНАЯ ШКОЛА КАФЕДРЫ

## «ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

**Р**азвитие машиностроения и его конкурентоспособность немалымы без непрерывного повышения качества изделий, в том числе важнейшей характеристики качества — точности. Именно эта основополагающая концепция, неизменная во все времена, привела к созданию в Станкине научной школы метрологии и измерительной техники.

Зарождение научной школы и последующее ее развитие связано с созданием в Станкине новой инженерной специальности и соответствующей профилирующей кафедры.

В 1938 году по приказу Всесоюзного комитета по высшей школе в Станкине открыта специальность «Точное приборостроение», а 1 января 1940 года образована профилирующая кафедра «Метрология и взаимозаменяемость». Первым заведующим кафедрой и основателем ее научной школы стал выдающийся метролог и педагог, доктор

технических наук, профессор Иосиф Ефимович Городецкий.

Талантливый организатор и крупный специалист, И.Е. Городецкий заложил в основу научной школы ряд отличительных особенностей:

- подход к решению возникающих проблем точности в машиностроении в неразрывном единстве метрологических и измерительных задач. Следуя завету великого ученого и мыслителя Д.И. Менделеева: «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять...», И.Е. Городецкий объединил в научной школе метрологию как науку об измерениях и приборостроение как науку и практику создания средств измерения и контроля с заданными метрологическими характеристиками;
- концентрацию усилий на решении проблем, наиболее актуальных для своего времени;



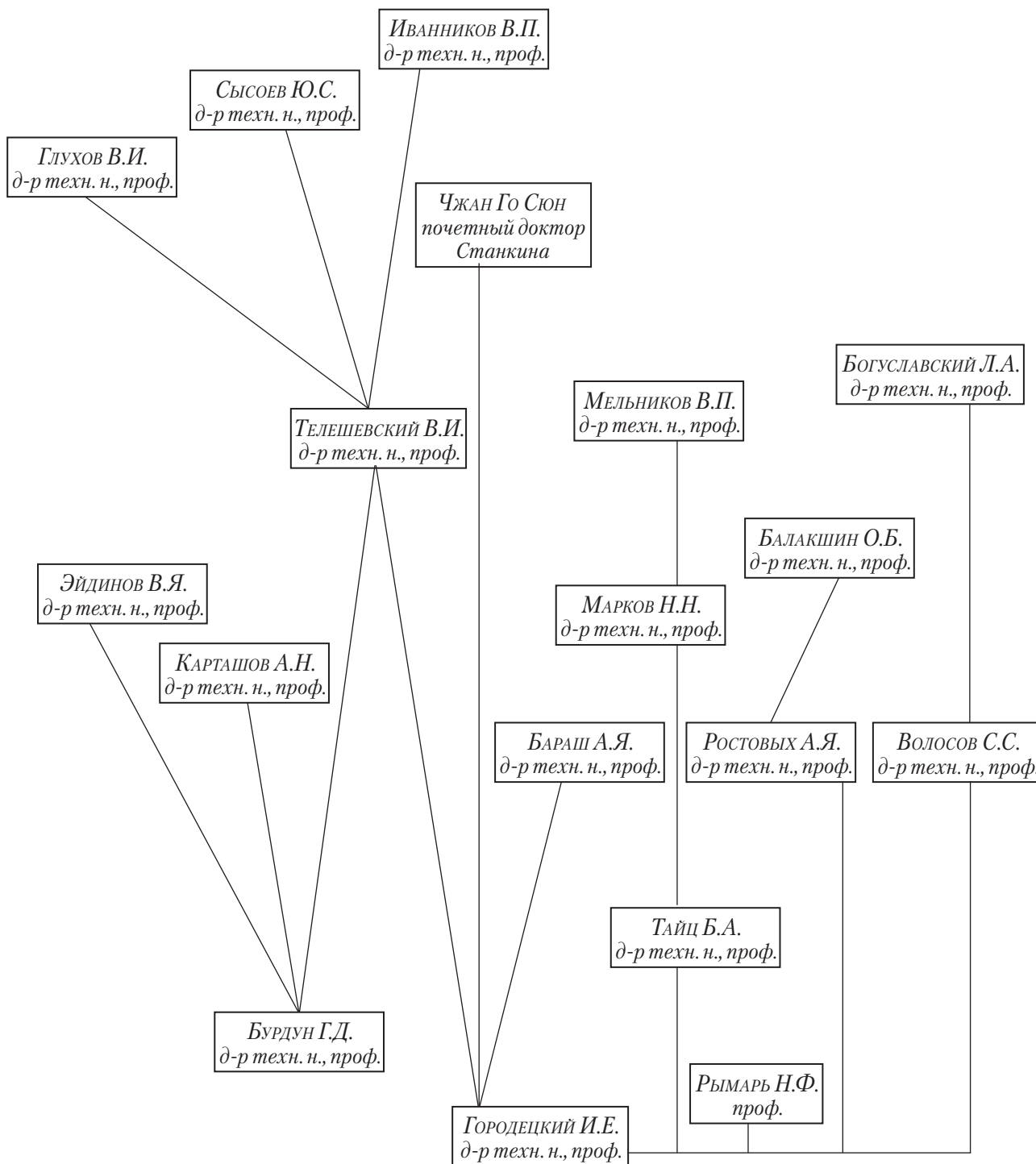
*Д-р техн. наук, профессор  
И.Е. ГОРОДЕЦКИЙ*

- тесное взаимодействие научной школы с производством. И.Е. Городецкий объединил усилия ученых кафедры с работами Бюро взаимозаменяемости металлообрабатывающей промышленности (БВ), созданного в 1935 году на базе завода «Калибр». Как инициатор организации и руководитель БВ, И.Е. Городецкий с первых лет становления кафедры обеспечил единство учебного процесса и научной работы.

«Дерево» научной школы по персоналиям (доктора наук, профессора) представлено на рисунке. Кроме представленных на схеме докторов наук и профессоров, научной школой кафедры подготовлено более 150 кандидатов технических наук.

Прорывные научные достижения школы определялись потребностями соответствующего исторического периода.

В 30-е годы прошлого века — годы начала индустриализации — в стране практически отсутствовало нормирование точности изделий, необходимо было создавать его заново. Эта масштабная задача выпала на долю научной школы И.Е. Городецкого. Под его научным руководством в 30–40-е годы развивается учение о взаимозаменяемости деталей, в основе которого лежат шесть основных понятий: интервалы размеров, единицы допуска, ряды точности (допуски), поля допусков отверстий и валов, посадки в системе отверстий и системе валов, нормальная температура. Разрабатываются нормы точности на гладкие цилиндрические и резьбовые изделия, новые посадки и системы допусков на резьбовые, шлицевые и конические соединения, нормальные и предельные калибры различных типов.



Научная школа  
метрологии и измерительной техники Станкина



*Структурная схема построения современной «Единой системы допусков и посадок» (ЕСДП) для гладких элементов деталей*

Результаты этой деятельности нашли отражение в монографиях И.Е. Городецкого того времени: «Резьбы и взаимозаменяемость» (1934, 1937), «Справочник по допускам, посадкам и калибрам» (1936, 1939, 1941), «Взаимозаменяемость и техника измерения резьбовых изделий» (1943), «Контроль гладких цилиндрических изделий» (1944), «Основы взаимозаменяемости резьбовых изделий» (1944), «Статьи по взаимозаменяемости и техническим измерениям» (1947) и других.

В период 1941–1945 годов были разработаны 77 государственных (ГОСТ) и отраслевых (ОСТ)

стандартов и 35 нормалей, в этом числе 44 ГОСТ и ОСТ по измерительному инструменту, а также впервые в мировой практике — нормы точности наиболее распространенных оптико-механических приборов: универсальных и инструментальных микроскопов, оптиметров, оптических делительных головок, измерительных машин и других. Эти материалы стали обязательными для всех предприятий Советского Союза.

Работа, начатая И.Е. Городецким, окончательно завершена лишь в 60–80-х годах XX столетия. После Второй мировой войны создана



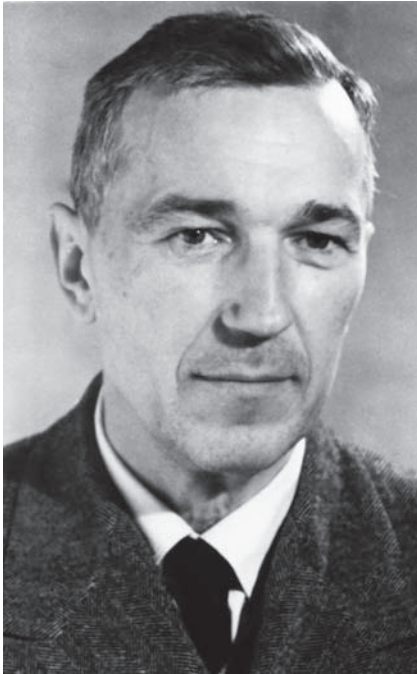
*Д-р техн. наук, профессор  
Н.Н. МАРКОВ*

международная организация ISO (International Organization for Standardization), под эгидой которой с начала 60-х годов создавались единые мировые системы допусков и посадок для нормирования точности гладких элементов деталей, угловых размеров, формы и расположения поверхностей элементов деталей, шероховатости поверхностей. Огромную работу по гармонизации российских национальных стандартов с международными продолжили в течение 60–80-х годов ученики научной школы кафедры.

Большая роль в этой работе принадлежит доктору технических наук, профессору Н.Н. Маркову. Существенным прорывом было создание профессором Н.Н. Марковым стандарта ГОСТ 8.051-73 ГСИ «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм». Это первый в мире документ, устанавли-

вающий взаимосвязь между допуском на изготовление, номинальным размером и погрешностями измерения. В стандарте впервые в стране лимитируется предельная случайная погрешность, даны рекомендации по учету погрешности измерения при изготовлении деталей. Стандарт дает научное обоснование выбору средств измерения, чему посвящена монография Н.Н. Маркова «Погрешность и выбор средств при линейных измерениях» (1967, совместно с Г.Б. Кайнером и П.А. Сацердотовым).

Другим важным направлением деятельности научной школы И.Е. Городецкого наряду с учением о взаимозаменяемости является разработка средств измерений и контроля геометрических параметров изделий, их практическое воплощение и внедрение в производство. Это направление развивалось совместными усилиями



*Профессор  
Н.Ф. РЫМАРЬ*

сотрудников кафедры и БВ, причем основной упор делался на автоматизацию средств измерений и контроля.

Под руководством профессора И.Е. Городецкого и профессора Н.Ф. Рымаря в 1938 году разработан первый в стране автомат для контроля размеров цилиндрических деталей производительностью 2300 деталей в час с погрешностью  $\pm 0,001$  мм. В 1940 году ими же спроектирован первый отечественный прибор для контроля размеров деталей в процессе шлифования. Этот прибор, внедренный на 1-м ГПЗ, открыл новую страницу в истории автоматического контроля — контроль в процессе обработки для управления работой станка, так называемый «активный контроль».

С этих пор в БВ с деятельным участием сотрудников кафедры созданы сотни моделей контрольных

автоматов и приборов активного контроля для различного применения в промышленности.

Большую роль в подготовке инженеров-метрологов для машиностроения сыграли послевоенные труды профессора И.Е. Городецкого: учебник «Допуски и технические измерения» (совместно с Г.А. Апариним), выдержавший 4 издания (1946, 1950, 1953, 1956); монографии «Основы технических измерений в машиностроении» (1950), «Автоматический контроль линейных размеров деталей» (1947, в соавторстве с ведущими учеными Института проблем управления АН СССР В.А. Трапезниковым, Б.Н. Петровым, А.А. Фельдбаумом).

В 1957 году кафедру и научную школу возглавил известный отечественный метролог с мировым именем, доктор технических наук, профессор Г.Д. Бурдун.





*Д-р техн. наук, профессор  
Г.Д. БУРДУН*

Научная школа кафедры сосредотачивается на новых нерешенных и актуальных проблемах. Речь идет о создании новой системы единиц физических величин SI (Systeme International d'Unites, в русской транскрипции СИ), наиболее полно отвечающей требованиям глобализации и международного сотрудничества. Значение системы единиц трудно переоценить. Проблема имеет многовековую историю. Первая международная система единиц была создана во Франции в конце XVIII века и почти через столетие принята странами, подписавшими Метрическую конвенцию (1875). Создание новой международной системы единиц СИ явилось поистине революционным событием в метрологии.

В основу системы положено деление всех используемых физических величин на два вида: основные и производные. Основные величины

выбираются из условия независимости между собой и с учетом возможности установления с их помощью связей с другими физическими величинами через известные закономерности. Такие величины называются производными физическими величинами. В настоящее время система СИ базируется на семи основных физических величинах: длина (метр), масса (килограмм), время (секунда), сила электрического тока (ампер), термодинамическая температура (кельвин), количество вещества (моль), сила света (кандела). Остальные физические величины — производные — выражаются посредством уравнения связи

$$X = f(X_1, X_2, \dots, X_m), \quad (1)$$

где  $X$  — измеряемая величина,  
 $X_1, X_2, \dots, X_m$  — основные  
физические величины.

Большинство уравнений связи между величинами представляется в виде степенных зависимостей

$$X = k^{\omega_k} \cdot X_1^{\omega_1} \cdot X_2^{\omega_2} \cdot \dots \cdot X_m^{\omega_m}, \quad (2)$$

где  $k$  — коэффициент (число), не зависящий от выбора единиц.

Для установления связи между единицами физических величин создана алгебра размерностей.

Каждую из величин в уравнениях связи (1) и (2) можно представить как

$$\begin{aligned} X &= q[X]; \\ X_1 &= q_1[X_1]; \\ X_2 &= q_2[X_2]; \\ &\dots \\ X_m &= q_m[X_m], \end{aligned}$$

где  $q, q_1, q_2, \dots, q_m$  — числовые значения,  $[X], [X_1], [X_2], \dots, [X_m]$  — единицы величин.

Тогда размерность величины  $X$  относительно основных величин  $X_1, X_2, \dots, X_m$  в соответствии с (2) имеет вид

$$\dim X = \dim (X_1^{\omega_1} \cdot X_2^{\omega_2} \cdot \dots \cdot X_m^{\omega_m}) = [X_1]^{\omega_1} \cdot [X_2]^{\omega_2} \cdot \dots \cdot [X_m]^{\omega_m}. \quad (3)$$

В более общем случае для уравнения связи вида (2)

$$\dim X = k^{\omega_k} \cdot [X_1]^{\omega_1} \cdot [X_2]^{\omega_2} \cdot \dots \cdot [X_m]^{\omega_m},$$

где  $\dim$  — обозначение размерности (от слова dimension).

Благодаря теории размерностей система СИ позволяет воспроизводить единицы и соответствующие им эталоны порядка 2000 разнообразных

физических величин, используемых в современных технологиях, через эталоны небольшого числа основных единиц. Создание системы СИ позволило обеспечить международное единство измерений, что имеет огромное экономическое значение.

Высшим международным органом по вопросам установления единиц, их определений и методов воспроизведения является Генеральная конференция по мерам и весам стран — участниц Метрической конвенции. Вся работа по созданию системы СИ проводилась Международным комитетом мер и весов (МКМВ), выбираемым Генеральной конференцией в составе 18 наиболее авторитетных в мире метрологов. В течение 12 лет (с 1954 по 1966 год) представителем Советского Союза в МКМВ был доктор технических наук, профессор Г.Д. Бурдун, который сделал чрезвычайно много для создания, распространения и внедрения новой тогда системы. Достаточно упомянуть монографии Г.Д. Бурдуна «Единицы физических величин» (1967), «Международная система единиц» (1964), учебник «Основы метрологии» (совместно с Б.Н. Марковым), выдержавший несколько изданий.

С 1975 года научную школу кафедры возглавил ученик И.Е. Городецкого, доктор технических наук, профессор Сергей Сергеевич Волосов.

Этот период характеризуется широким оснащением металлорежущих станков средствами контроля размеров обрабатываемой детали с последующим автоматическим регулированием этих размеров по результатам измерений. Крупный специалист по





*Д-р техн. наук, профессор  
С.С. ВОЛОСОВ*

автоматическому контролю, профессор С.С. Волосов создал теоретические основы активного контроля на стыке метрологии и технологии механообработки. Им предложены и детально изучены методы компенсации погрешностей обработки, вызываемых износом инструмента, тепловыми и силовыми деформациями технологической системы, посредством использования подналадочных систем. Подналадка представляет собой одну из форм осуществления размерных обратных связей при обработке на металлорежущих станках. Подналадчики представляют собой измерительные приборы, которые через цепь обратной связи вызывают изменение настройки металлорежущего станка или измерительного устройства, управляющего работой станка, когда значение регулируемого параметра выходит за допустимые границы или отклоняется от заданного значения.

Профессором С.С. Волосовым обоснованы и изучены различные методы подналадки:

- по одной детали,
- по повторным импульсам,
- по положению режущей кромки инструмента,
- по одному или двум настроечным (предельным) параметрам,
- по положению центра группирования случайных погрешностей (среднему арифметическому, медиане),
- следящие или самонастраивающиеся системы.

Важным является выявленное С.С. Волосовым преимущество подналадки по медиане, которое заключается в том, что на ее точность меньше влияют грубые погрешности размеров по сравнению с другими видами подналадки. Сегодня этот научный факт подтверждается современной робастной статистикой, возникшей уже после



*Д-р техн. наук, профессор  
А.Я. РОСТОВЫХ*

трудов С.С. Волосова, из которой следует, что медиана распределения случайных функций наиболее робастна, то есть устойчива к возмущениям, по сравнению с другими числовыми характеристиками этого распределения. Основные результаты работы профессора С.С. Волосова отражены в монографиях «Технологические метрологические основы точного регулирования размеров в машиностроении» (1972), «Основы точности активного контроля размеров» (1969), «Автоматическое обеспечение точности размеров при шлифовании» (1958), издавалась дважды общая монография «Приборы для автоматического контроля в машиностроении» (1970, 1975, С.С. Волосов, Е.И. Педь).

Среди других значимых результатов научной школы следует отметить разработку и исследование пневматических методов измерения линейных размеров деталей, выполненные под руководством доктора технических

наук, профессора А.Я. Ростовых. Пневматические методы обладают рядом преимуществ: бесконтактностью, высокой разрешающей способностью (до 0,1 мкм), нечувствительны к электрическим и магнитным полям. Пневматические приборы для линейных измерений основаны на использовании зависимости между площадью проходного сечения канала истечения и расходом сжатого воздуха. Площадь канала истечения зависит от зазора между выходным соплом и контролируемой деталью. Под руководством А.Я. Ростовых выполнено более 20 кандидатских диссертаций по совершенствованию пневматических средств измерения линейных размеров при решении различных производственных задач. Особенно перспективны работы по расчету метрологических характеристик пневматических средств измерения, применения эжекторных сопел для расширения диапазона измерения и элементов



*Д-р техн. наук, профессор  
Б.А. ТАЙЦ*

струйной автоматики (пневмоники), выполненные впервые.

Большой вклад в развитие средств измерений и контроля параметров зубчатых зацеплений и зуборезного инструмента внесли доктора технических наук, профессора Б.А. Тайц и Н.Н. Марков. Фундаментальные работы Н.Н. Маркова в области выбора средств измерений получили международное признание, а написанные им учебники по нормированию точности и метрологическому обеспечению машиностроительного производства являются базовыми при подготовке современных инженеров.

С 1983 года по настоящее время научную школу кафедры возглавляет ее выпускник, доктор технических наук, профессор Владимир Ильич Телешевский. С этого времени начинается новый этап в развитии кафедры. Бурное внедрение в измерительную технику и метрологию новейших

достижений науки — лазерной техники, опто- и микроэлектроники, вычислительной техники, туннельной микроскопии и других не менее важных направлений — полностью изменяет принципы построения и структуру средств измерений.

К концу XX века кардинально изменилась база подготовки специалистов по измерительной технике для машиностроения. Если в 50–60-х годах основной базой для проектирования средств измерений было механическое образование («Приборы точной механики»), то в конце XX столетия стал необходим выпуск специалистов, в равной мере владеющих как механикой, так и электрическими измерениями, аналоговой и цифровой электроникой, компьютерной техникой и программированием и способных «метрологию» пространственной задачи «провести» через разнообразные преобразования, не потеряв точности ни в одном из них.



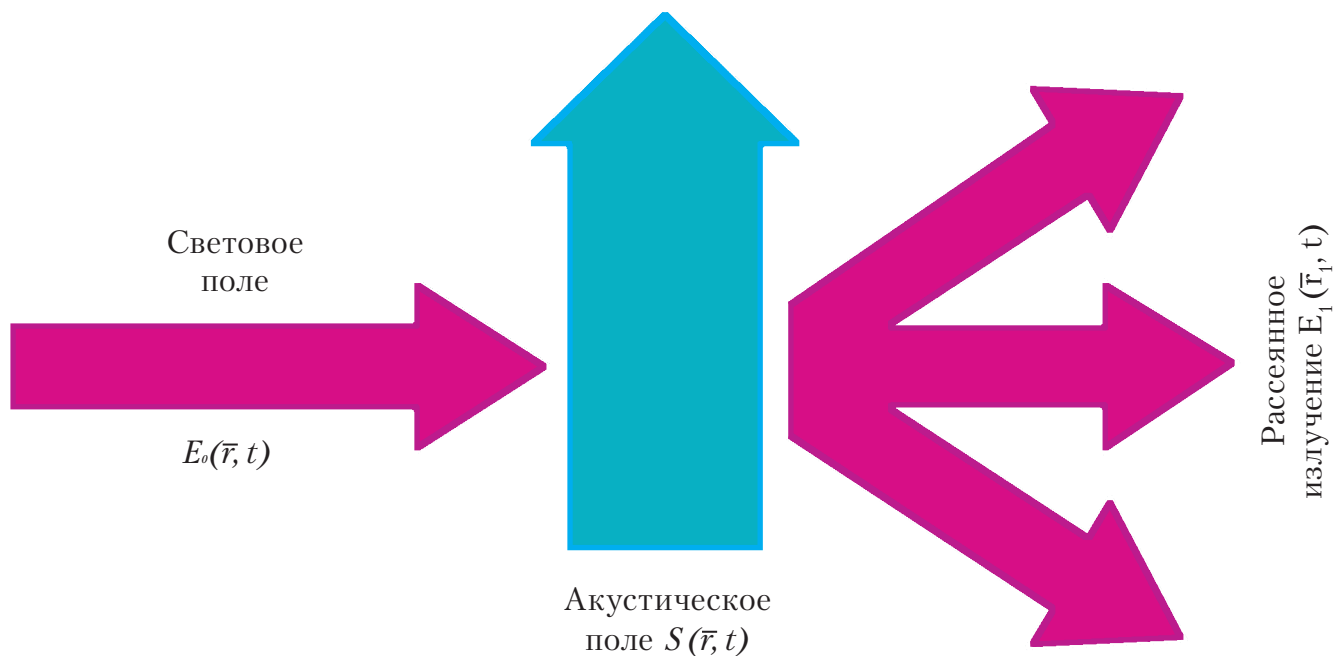
*Д-р техн. наук, профессор  
В.И. ТЕЛЕШЕВСКИЙ*

По существу речь идет о системной интеграции разнородных по своей физической природе блоков преобразования измерительной информации в единую измерительную информационную систему (ИИС) со своим управлением, выходящая информация с которой входит в систему управления технологическими процессами.

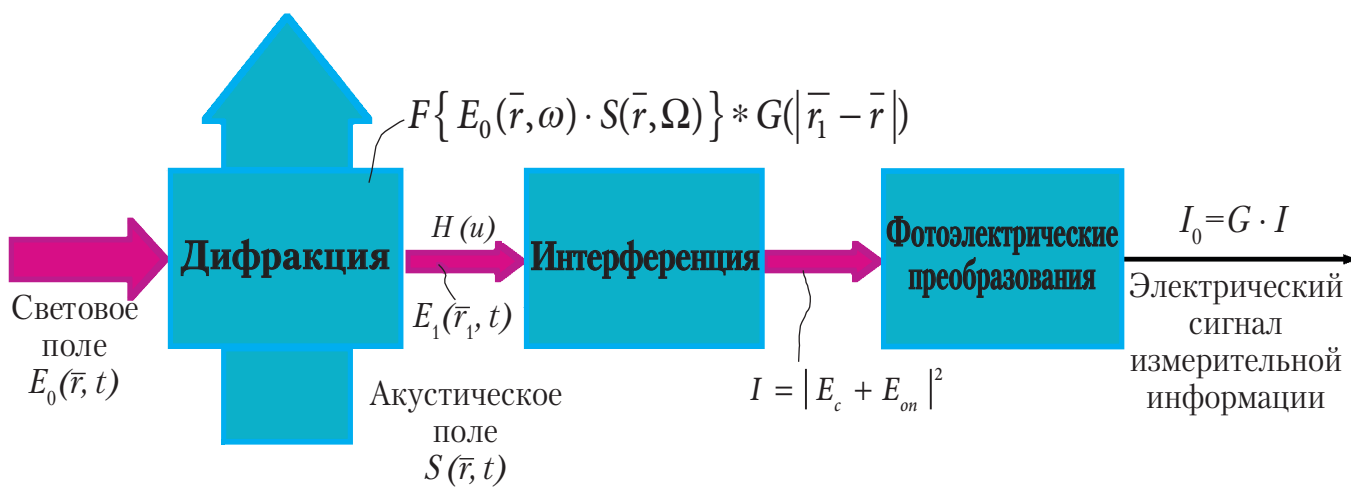
На смену измерительным приборам, используемым по отдельности, приходят новые средства, представляющие собой сложные комплексы взаимосвязанных измерительных и вычислительных устройств с широким использованием микропроцессорной техники и сетевых коммуникаций. Появляются принципиально новые средства измерения — координатно-измерительные машины и роботы с компьютерным управлением, лазерные измерительно-вычислительные комплексы и многие другие.

Кардинально изменяется облик самого машиностроения, где на смену традиционным приходят интегрированные компьютеризированные гибкие производства. Возникает глобальная проблема обеспечения качества таких производств — Computer Aided Quality Control (CAQC), которая для своего решения требует единого подхода к интеграции в сложных производственных комплексах разнообразных функций измерительной информатики: измерения, контроля, диагностики, обнаружения событий, идентификации, распознавания образов и т.д. Возникают новые измерительные информационные технологии, новые методы статистического оценивания данных, приобретает значимость нанометрология.

Профессор В.И. Телешевский развивает новое научное направление — разработку принципов линейно-угловых измерений на взаимодействии



Акустооптическое взаимодействие волновых полей в пространстве



Основные физические процессы в акустооптических средствах измерения

волновых полей различной физической природы. Выполненные им пионерские исследования по волновым принципам измерения заложили научно-техническую базу для построения средств измерений геометрических величин на основе взаимодействия полей света и звука — акустооптического взаимодействия (АОВ).

Суть концепции заключается в том, что два пространственно-временных процесса — акустический и оптический — распространяются в направлениях, близких к ортогональным. В результате взаимодействия происходит рассеяние поля света на акустических волнах, известное как рассеяние света на ультразвуке. Интерференция продуктов рассеяния (порядков дифракции) света на звуке приводит к образованию оптических пространственно-временных структур, несущих информацию об изменении пространственной фазы каждого из взаимодействующих полей как в направлении звука, так и в направлении света.

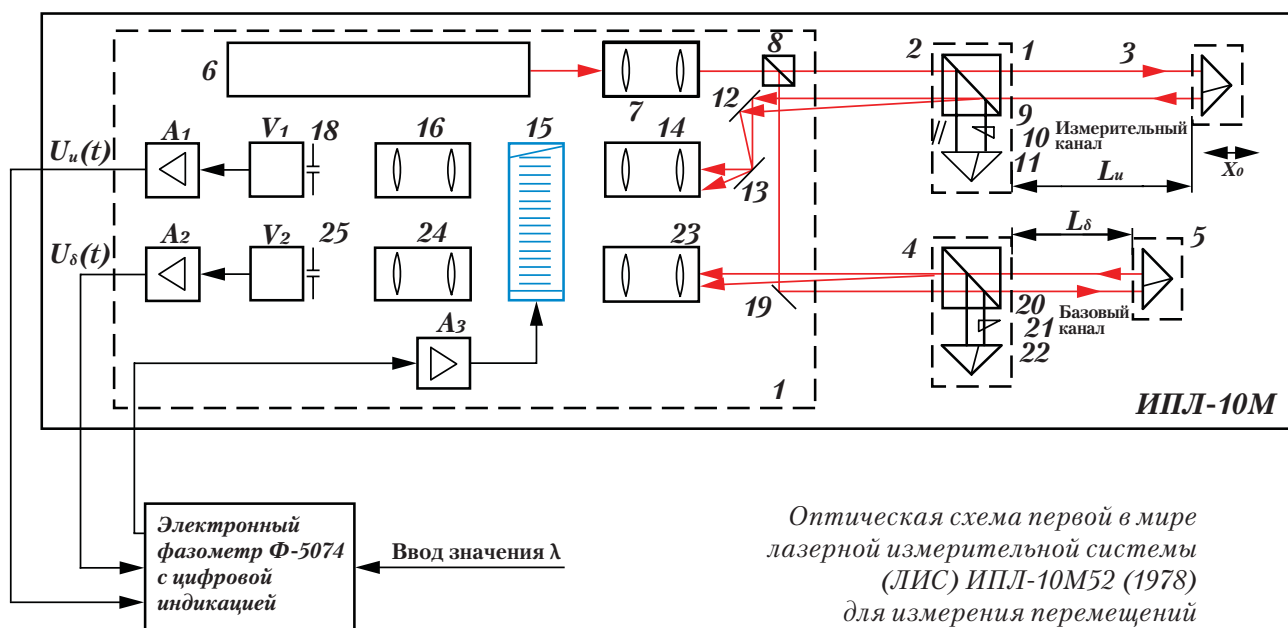
Физически в пространстве осуществляется несколько операций. Световое поле с пространственно-временным распределением комплексной амплитуды  $E_0(\vec{r}, t)$  дифрагирует на аналогичном распределении акустического поля  $S(\vec{r}, t)$ . Процесс дифракции описывается сверткой фурье-преобразования произведения этих полей с пространственной функцией Грина. Рассеянное световое поле  $E_1(\vec{r}, t)$  подвергается пространственной фильтрации в оптической схеме с передаточной функцией  $H(u)$ . В результате фильтрации возникает поле  $I$  интерференции световых пучков, выделенных из поля рассеяния как сигнальный и опорный

интерферирующие пучки. В процессе избирательного фотоэлектрического детектирования поля интерференции формируется гармонический сигнал измерительной информации на несущей частоте.

На основе АОВ созданы разнообразные волновые оптоэлектронные средства измерения: управляемые воспроизводимые от частоты многозначные меры (шкалы), электрически управляемые пространственно-временные оптические растровые развертки, фазовые и частотные преобразователи перемещений (периодичность в направлении звука), гетеродинные лазерные интерферометры с новыми, не имеющими аналогов свойствами (периодичность в направлении света).

Особую практическую значимость приобрели работы профессора В.И. Телешевского по гетеродинной лазерной интерферометрии с акустооптическим преобразованием частоты света. Эти работы, выполненные впервые, привели к созданию в 70–80-х годах первых отечественных лазерных интерферометров с диапазоном измерения до 30 м и дискретностью отсчета от 0,1 мкм до 0,001 мкм, что в то время соответствовало лучшим мировым образцам и обеспечило СССР независимость от эмбарго западных стран на поставку этого вида оборудования. С активным участием профессора В.И. Телешевского отечественной промышленностью было освоено серийное производство этих средств измерения, на базе которых созданы первые в стране лазерные измерительно-вычислительные комплексы (ИВК), получившие внедрение в широкой гамме метрологического оборудования: делительных



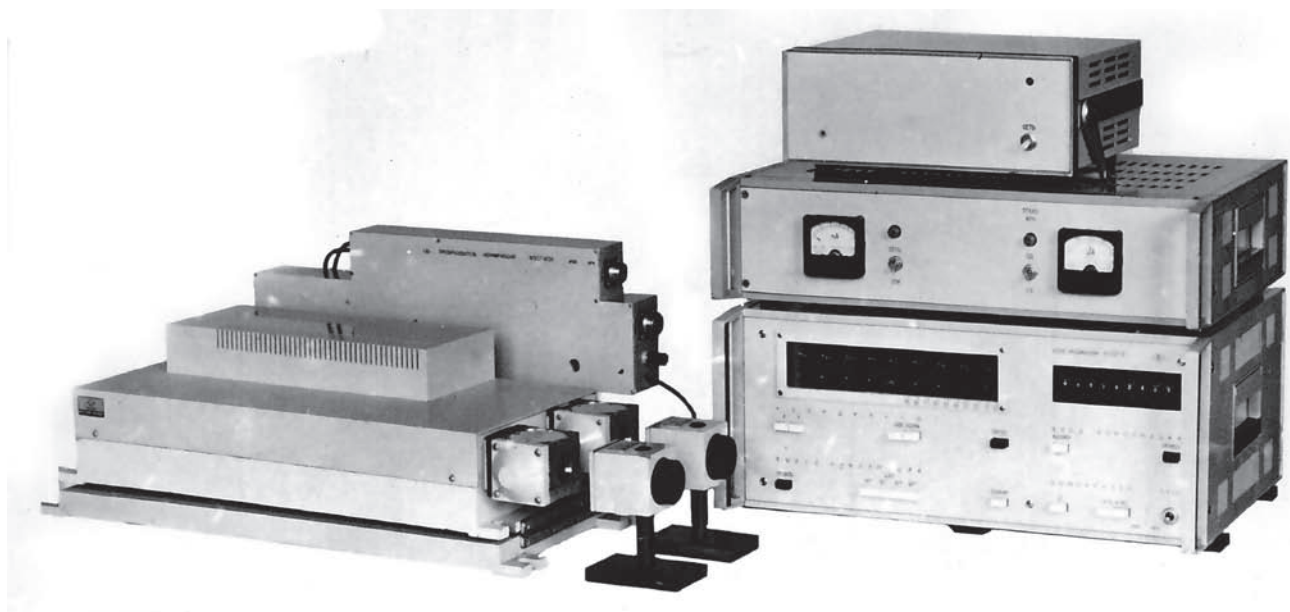


*Оптическая схема первой в мире лазерной измерительной системы (ЛИС) ИПЛ-10М52 (1978) для измерения перемещений с акустооптическим преобразованием частоты*

машинах и компараторах для изготовления и контроля штриховых мер высшей точности, измерительных машинах для контроля винтов и винтовых пар, при контроле точности прецизионных станков, в качестве особо точных систем обратной связи и другие.

В качестве примера на рисунке представлена схема первой в мире акустооптической гетеродинной лазерной измерительной системы (ЛИС) ИПЛ-10М52. ЛИС построена как преобразователь «перемещение — фаза», в котором фаза оптического измерительного сигнала преобразуется в фазу электрического гармонического сигнала на фотоприемнике. ИПЛ-10М52 содержит два независимых канала, построенных по схеме интерферометра Майкельсона. Коллимированный световой луч 2 от лазера 6 разделяется в интерферометре 1 на два луча — сигнальный и опорный.

Сигнальный луч, отразившись от подвижного отражателя, интерферирует с опорным, и оба они поступают на акустооптический модулятор 15, возбуждаемый на частоте  $f$  от электронного генератора  $A_3$ . В результате фотосмещения на выходе фотоприемника  $V_1$  после избирательного усиления появляется измерительный сигнал на несущей частоте  $f$ , фаза которого изменяется с перемещением отражателя. Далее значение фазы сигнала несущей частоты измеряется электронным фазометром с цифровой индикацией. Первая гетеродинная акустооптическая ЛИС ИПЛ-10М52 имела характеристики: число координат — 2, диапазон измерения — 10 м, дискретность отсчета — 0,1 мкм и 0,01 мкм, скорость контролируемых перемещений — 10 м/мин, погрешность — порядка 1 мкм/м, несущая частота — 8 МГц.



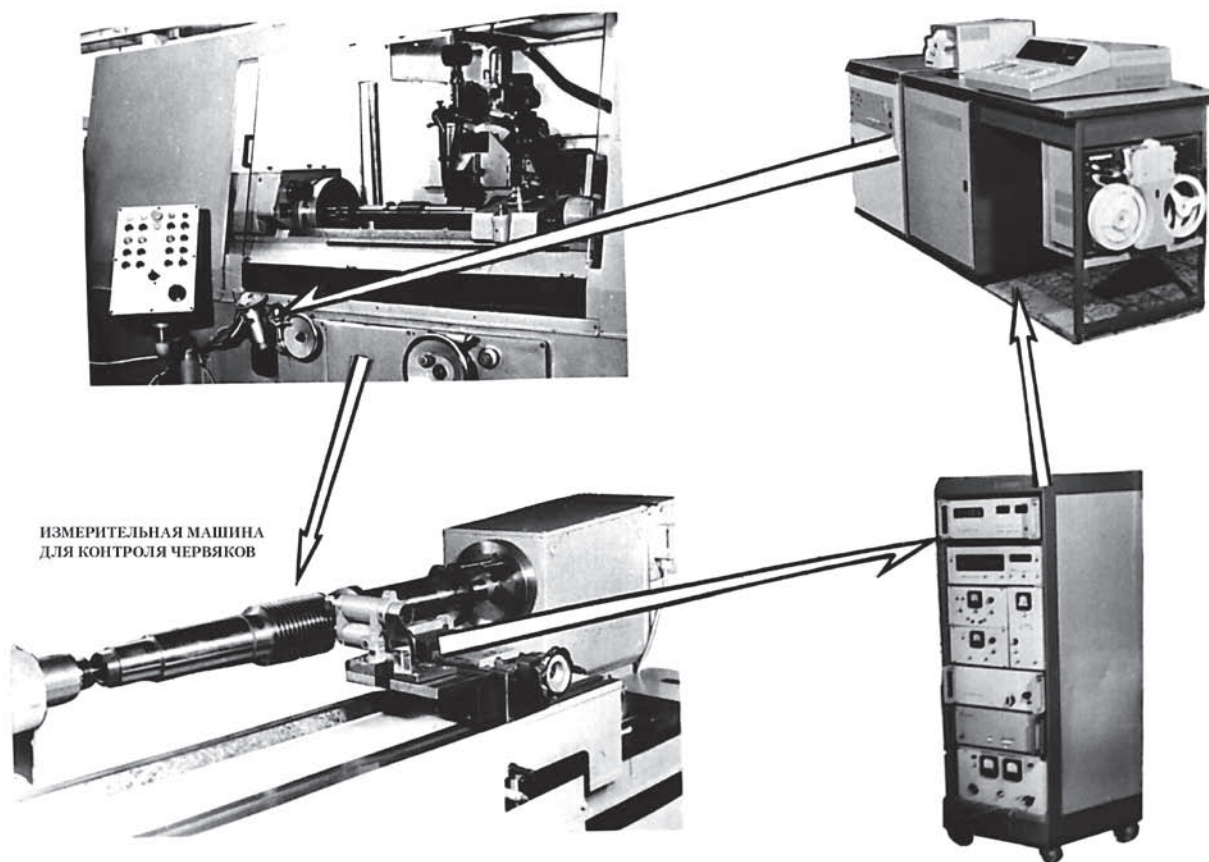
*Общий вид первой в мире акустооптической гетеродинной ЛИС ИПЛ-10М52*



*Общий вид первого отечественного измерительно-вычислительного комплекса (ИБК) для контроля точности станков на базе ЛИС ИПЛ-10М52 (1983 г.)*

ЧЕРВЯЧНОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК С КОРРЕКЦИОННЫМ УСТРОЙСТВОМ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО-УПРАВЛЯЮЩИЙ КОМПЛЕКС  
НА БАЗЕ МАШИНЫ 15 ВСМ 5



ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МАШИНА  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЧЕРВЯКОВ

*Контрольно-вычислительный комплекс  
с лазерной программной коррекцией*

На фото представлен первый отечественный контрольно-вычислительный комплекс с лазерной программной коррекцией для финишной обработки червяков диаметром 40–120 мм с модулем 1,5–10, включающий червячношлифовальный станок модели МВ146 и комплекс КВК-483 на базе лазерной измерительной машины для контроля червяков модели МС 53. По результатам измерений параметров червяка осуществляется корректирующее смещение ходовой гайки стола

станка. Система коррекции обеспечила получение червяков 2-й степени точности вместо 3-й степени, получаемой на станке модели МВ146 без коррекции. Работа выполнена совместно с НПО «ЭНИМС» (1987).

Последующие работы профессора В.И. Телешевского привели к существенному улучшению характеристик ЛИС. В настоящее время диапазон измерения возрос до 40 м, дискретность отсчета снижена до 0,5 нм, скорость контролируемых перемещений



увеличена до 1 м/с, несущая частота увеличена до 40 МГц.

Таким образом, на современной элементной базе совершается прорыв в новую область — нанометрологию. При этом ЛИС становится многофункциональной. Помимо измерений перемещений, открываются возможности для измерения других геометрических параметров: отклонений от прямолинейности, плоскостности, перпендикулярности, угловых и так далее.

Другими важными направлениями научной школы кафедры являются компьютеризация и интеллектуализация средств измерений, пришедшие на смену традиционной автоматизации. К этим средствам относятся интерферометры белого света для поверки концевых мер длины с дискретностью отсчета до 1 нм, интеллектуальные универсальные и инструментальные микроскопы с цифровой обработкой изображений и другие. Эти работы внедрены более чем на 50 предприятиях авиационно-космической, нефтегазовой, оборонной, приборостроительной, автомобильной и других отраслей промышленности. Среди предприятий, на которых внедрены разработки научной школы кафедры — 11 региональных Центров стандартизации и метрологии («Ростест-Москва», «Тест-Санкт-Петербург», Самарский, Кировский, Калужский, Ростовский, Мордовский, Пензенский и другие), ФГУП «МППП «Салют», Ракетно-космическое ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева», авиастроительная НПК «Иркут», ОАО «КАМАЗ», ОАО «Вятское МП «Авитек» и другие.





Международные связи научной школы кафедры

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Германия – Технический университет, г. Хемниц</li> <li>2. Германия – Высшая техническая школа, г. Берлин</li> <li>3. Германия – Высшая техническая школа, г. Дрезден</li> <li>4. Германия – Высшая техническая школа им. Ф. Шиллера, г. Йена</li> <li>5. Германия – Высшая техническая школа, г. Цвиккау</li> <li>6. Германия – Phizikalische Technische Bundesanstalt (PTB), г. Брауншвейг</li> <li>7. Германия – фирма Zettmess, г. Эссен</li> <li>8. Германия – фирма Leitz</li> <li>9. Латвия – Рижский технический университет</li> <li>10. Литва – Вильнюсский институт станкостроения</li> <li>11. Литва – Политехнический институт, г. Каунас</li> <li>12. Литва – фирма Standa</li> <li>13. Эстония – Таллинский технический университет</li> <li>14. Болгария – Софийский технический университет</li> <li>15. Украина – Киевский политехнический институт</li> <li>16. Украина – завод «Точэлектроприбор», г. Киев</li> <li>17. Украина – Харьковский государственный НИИ метрологии (ХГНИИМ)</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>18. Украина – завод «Арсенал», г. Киев</li> <li>19. Украина – Севастопольский политехнический институт</li> <li>20. Белоруссия – Белорусский политехнический институт</li> <li>21. Белоруссия – Институт физики Белорусской академии наук</li> <li>22. Армения – НИИ радиофизических измерений</li> <li>23. США – фирма Federal</li> <li>24. Польша – Институт оптоэлектроники</li> <li>25. Франция – Международное бюро мер и весов, г. Севр</li> <li>26. Китай – Институт оптики и электроники Академии наук Китая, г. Чэнду</li> <li>27. Китай – Пекинский университет «Цинхуа»</li> <li>28. Китай – Технический университет, г. Хэфей</li> <li>29. Китай – Институт металлорежущих станков, г. Чэнду</li> <li>30. Китай – Тяньцзиньский университет, г. Тяньцзинь</li> <li>31. Великобритания – Национальная физическая лаборатория (NP)</li> <li>32. Великобритания – Технический университет имени Мура, г. Ливерпуль</li> <li>33. Великобритания – фирма Renishaw Metrology Limited</li> <li>34. Великобритания – фирма Rank Taylor Hobson Limited</li> </ol> |
|---|---|

Ряд средств измерений, разработанных кафедрой в последние годы, сертифицирован в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии РФ и включен в Государственный реестр средств измерений.

В настоящее время перспективные научные направления школы посвящены следующей проблематике:

- концепция, принципы построения, метрологический анализ и синтез автоматизированных систем обеспечения качества интегрированных компьютеризированных машиностроительных производств на базе новейших информационных технологий и сетевых коммуникаций (проблема Computer Aided Quality Control – CAQC);
- разработка основ измерительной информатики в машиностроении;
- принципы гетеродинной лазерной интерферометрии и ее использование в высокоточных линейно-угловых измерениях;
- принципы многоволновой гомодинной интерферометрии и их применение в линейно-угловых измерениях;
- нанометрология и метрологическое обеспечение высоких технологий;
- научные основы контроля объемной точности многокоординатного технологического и измерительного оборудования (станки, роботы, КИМ и другие) всех классов точности, включая высшие;
- интеллектуальные измерения в машиностроении.

Кафедра имеет научные связи с ведущими метрологическими организациями и университетами Европы (Франция, Великобритания, Германия, Болгария, Польша и другие) и университетами ближнего зарубежья.

### **Награды кафедры**

Государственная премия СССР присуждена в 1951 году доктору технических наук, профессору И.Е. Городецкому и профессору Н.Ф. Рымарю за создание первого в мире завода-автомата по производству автомобильных поршней.

Звание «Заслуженный деятель науки и техники РФ» присвоено доктору технических наук, профессору Г.Д. Бурдуну и доктору технических наук, профессору Н.Н. Маркову.

Звание «Заслуженный деятель высшей школы РФ» присвоено кандидату технических наук, профессору Б.Н. Маркову.

Звание «Заслуженный машиностроитель РФ» присвоено доктору технических наук, профессору Б.А. Тайцу.

Доктор технических наук, профессор Н.Н. Марков и доктор технических наук, профессор В.И. Телешевский избраны действительными членами (академиками) Российской метрологической академии.

Доктор технических наук, профессор В.И. Телешевский является членом SPIE – Международного общества оптической техники, удостоился звания «Почетный профессор Института оптики и электроники АН Китайской Народной Республики».