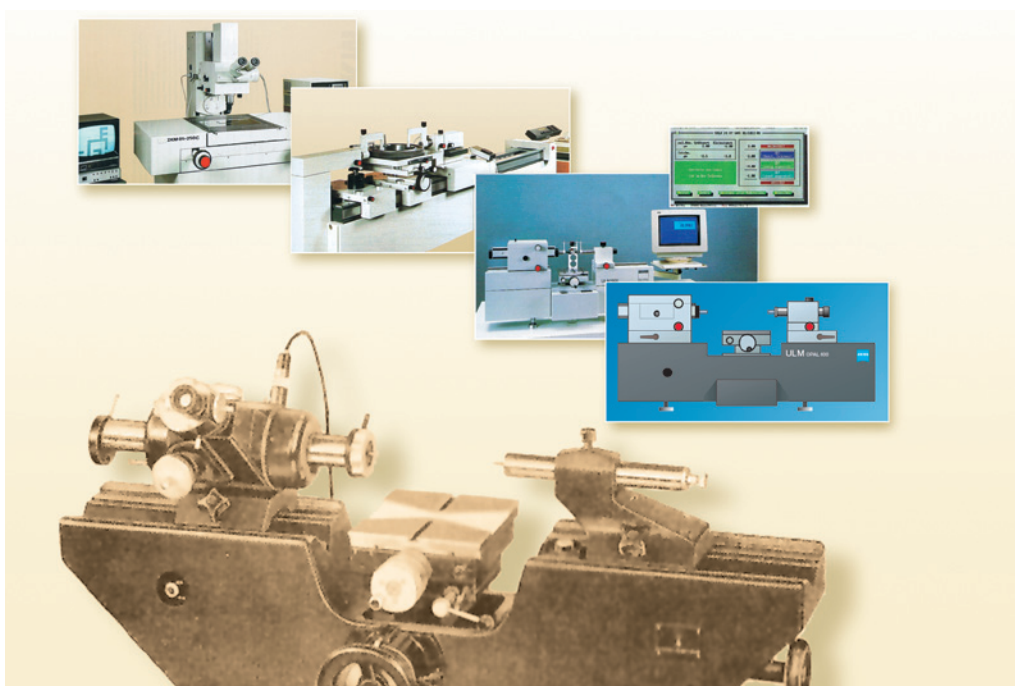


История наших контрольно измерительных приборов



в специальной литературе на базе цитированных
материалов статей из журнала «Йенское обозрение»
03/1988

1. «70 лет выпуска технических контрольно
измерительных приборов в Йене»

Авторы: Франц Зёльднер, Ренате Гломб

2. «Йенский универсальный горизонтальный длиномер история
развития и перспективы»

Автор: Ганс-Иоахим Зоммер

1. «70 лет выпуска технических контрольно измерительных приборов в Йене»

(1920 г.).

« В 1988 г. исполняется 70 лет нашей сегодняшней группе изделий «Технические контрольно-измерительные приборы». Эта важная отрасль техники с давних пор представляет собой существенную производительную силу. Если первоначально измерительная техника располагалась в начале или в конце производственного процесса и задачей ее было определение исходного или конечного состояния детали, то сегодня она в возрастающей мере включается непосредственно в производственный процесс. Таким образом минимизируется время обратного потока информации, что обеспечивает ранее распознавание и предотвращение дефектов в изготовлении и экономию материалов, энергии и рабочей силы. Эта тенденция предъявляет новые требования к измерительной технике, развитие которой от механических средств измерений через внедрение оптических принципов действия к сложным системам с микроэлектронным сенсорным управлением еще далеко не завершено.

Измерительная техника - база для изготовления в Йене высокоточных оптических приборов

КАРЛ ЦЕЙСС уже при основании своей мастерской придавал большое значение высокоточной работе. Спустя 50 лет Эрнст АББЕ выразился по этому поводу следующим образом: «Усовершенствование техники оптических работ относительно той, которая могла удовлетворяться старыми эмпирическими методами, является исходной предпосылкой для реализации рациональной методики. Поэтому для достижения успеха было весьма существенным то, что ЦЕЙСС с самого начала... приложил все усилия к тому, чтобы в своей небольшой мастерской дать права гражданства очень точной технике, которая поставила ненадежное мастерство рук под широкий контроль строгих методов испытаний». Этот стиль работы явился мощным фундаментом для АББЕ, который при разработке микроскопов «распахал» эту проблему по всей ее ширине. Физика, технология, производство и эксперимент составляли для него целостный комплекс, решающую роль в котором играли хорошие измерительные инструменты и приборы. Так, для контроля стекла как материала он разработал рефрактометр, а для контроля геометрических форм — длиномеры, сферометр и толщиномер. В этой связи он говорил: «Правильная реализация некоторой предварительно рассчитанной во всех деталях линзовой системы требует, напротив, математически приблизительно точного воспроизведения всех заданных форм и размеров ...». При разработке методов контроля формы и размеров линзовых систем АББЕ первым начал использовать оптику. До этого времени все средства измерения линейных размеров были чисто механического типа (винтовые микрометры, щупы, штангенциркули и рычажные индикаторы), исключение составляли лишь компараторы для соотнесения (сличения) с эталоном метра в Париже. В 1890 г. на съезде естествоиспытателей в Бремене ЭРНСТ АББЕ сформулировал основные принципы достижения максимально возможной точности измерений с помощью компаратора:

- Измерение во всех случаях как при контактной, так и при визирной установке, должно основываться исключительно на шкале, с которой измеряемый отрезок непосредственно сравнивается.
- Измерительный аппарат всегда должен располагаться таким образом, чтобы измеряемый отрезок являлся прямолинейным продолжением шкалы, служащей мерой.

Второе положение, известное как принцип компарирования Аббе, еще и сегодня широко используется во всем мире, так как при соответствующем расположении в значительной степени исключаются погрешности, обусловленные перекосом прямолинейных направляющих. ОТТО ЭППЕН-ШТЕЙН в своем патенте 1922г. предложил оптический компенсационный метод,

получивший известность как принцип Эппен-штейна, в котором объект измерений и мера могут располагаться рядом друг с другом.

Первоначально длиномерные приборы изготавливались заводом «ЦЕЙСС» для удовлетворения собственных потребностей, однако некоторые из них продавались тому, кто проявлял особый интерес. Разумеется, как физические измерительные приборы они продавались в рамках группы «Измерительные приборы», так как самостоятельное подразделение технических контрольно-измерительных приборов еще не было образовано. Возрастающая индустриализация на рубеже веков привела к изготовлению больших серий, и во всех промышленно развитых странах возникло требование в отношении взаимозаменяемости функционально важных деталей. Около 1900г. кинематик Ф. РЕЛО ввел понятие конструирования по принципу взаимозаменяемости. Под этим понимают изготовление отдельных деталей в таких допусках, что их даже при изготовлении на различных заводах можно без последующей доработки соединять в любых сочетаниях или заменять одну на другую, не нарушая при этом заданных функций всей системы в целом. Простые мерительные инструменты, прежде всего жесткие калибры, в течение некоторого времени уже использовались в цехах промышленных предприятий для реализации принципа взаимозаменяемости. Однако точность этих калибров не отвечала сформулированному позднее Г. БЕРНДТОМ «золотому» правилу промышленной метрологии, согласно которому погрешность измерительного прибора должна составлять лишь $1/5 - 1/10$ контролируемого допуска. Само собой разумеется, что это требование справедливо также при изготовлении и контроле самих калибров. Очень скоро выяснилось, что тогдашние механические длиноизмерительные приборы уже не отвечали этим требованиям. Лишь разработанные на заводе «ЦЕЙСС» для собственного прецизионного производства оптические измерительные приборы были пригодны для надежного измерения с микронной точностью. Этим была обеспечена одна из важных основ конструирования по принципу взаимозаменяемости.

Другой основной предпосылкой взаимозаменяемости, выходящей за рамки одного предприятия, было создание единой системы посадок, которая уменьшала множество посадок до некоторых целесообразных предпочтительных рядов. В 1917 г. был основан Германский комитет стандартов, который разработал единую систему посадок для конструирования по принципу взаимозаменяемости. Сотрудниками этого комитета были такие известные ученые, как ОТТО КИНЦЛЕ (Ганновер) и ГЕОРГ БЕРНДТ, старейшина научного технического контрольно-измерительного приборостроения в Европе, основавший в 1924 при Дрезденском техническом университете Институт измерительной техники и научных основ взаимозаменяемости. В то время как первый занимался вопросами, связанными с системой посадок, Г. БЕРНДТ разрабатывал преимущественно связанные с этим проблемы измерительной техники. По инициативе технического директора фирмы «Шухардт унд Шютте», ЙОЗЕФА РАЙНДЛЯ, который представлял в Комитете стандартов интересы промышленности, с фирмы «Карл Цейсе» в комитет были приглашены О. ЭППЕН-ШТЕЙН и конструктор А. ШТАЙНЛЕ.

Оптические контрольно-измерительные приборы для рынка

Значение надежных методов измерения и измерительных приборов для обеспечения взаимозаменяемости и тем самым для эффективности всей промышленности было очевидным. Поэтому напрашивалось включение йенским заводом этого перспективного направления в свою программу. Правильность этого принятого в 1918 г. решения подтверждается тем фактом, что сегодня около 15% «живого» труда во всей промышленности приходится на линейные измерения. Видный ученый О. ЭППЕНШТЕЙН и талантливый конструктор А. ШТАЙНЛЕ посвятили себя этим проблемам и сформулированными ими правилами и принципами сообщили производственной метрологии решающий импульс. Они заложили основу всемирной известности йенских технических контрольно-измерительных приборов.

В программу сбыта фирмы «Шухардт унд Шютте», которая в первое время осуществляла продажу йенских технических контрольно-измерительных приборов, первоначально включались простые измерительные инструменты, такие как винтовые микрометры, штангенциркули, штангенрейс-

мусы, механические угломеры и линейки, которые благодаря рациональному конструктивному оформлению и высокому качеству за короткое время заняли на рынке ведущие позиции. Очень скоро началось включение в конструкцию контрольно-измерительных приборов оптических систем. Уже в 1920 г. удалось изготовить оптиметр (рис. 1) – оптический индикатор для надежного измерения с микронной точностью – и в тесном сотрудничестве с Г. БЕРНДТОМ -резьбоизмерительный микроскоп и резь-боизмерительный компаратор (рис. 2). Эти новые длиномеры с оптическим принципом действия намного превосходили по своим параметрам прежние механические измерительные приборы. Сегодня можно констатировать, что интеграция оптики в длино-мерные приборы, начатая АББЕ и завершен ная ЭППЕНШТЕЙНОм,

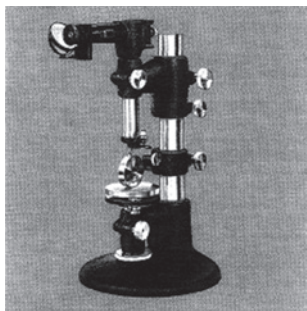


Рис. 1: оптиметр в 1920 г.

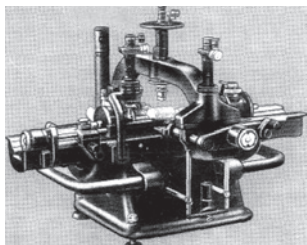


Рис.2: Резьбоизмерительный компаратор (около 1925 г.).

является вехой в истории техники линейных измерений. В сравнительно короткий отрезок времени в этой технике возникло новое качество,

В 1924 г. был представлен большой инструментальный микроскоп (рис. 3)

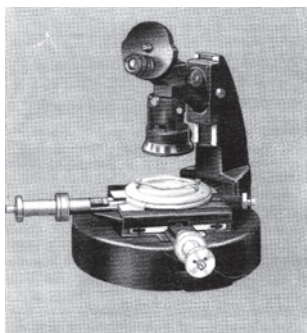


Рис. 3: Большой инструментальный микроскоп (около 1935 г.).

с двумя расположенными взаимно перпендикулярно микрометрическими винтами в качестве мер и восемью штриховыми пластинками. Этот прибор отвечал требованиям практики и поэтому нашел хороший сбыт. Уже спустя несколько лет восемь фирм выпускали поразительно похожие на него приборы. В 1926 г. в производство были переданы универсальный измерительный микроскоп «УММ» (рис.4) с прецизионными стеклянными шкалами и разработанными А. ШТАЙНЛЕ спиральными микроскопами.

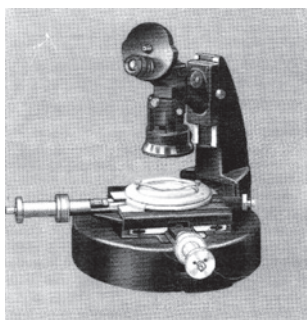


Рис. 4: Универсальный измерительный микроскоп (1926 г.).

Этот прибор также явился образцом для подражания во всем мире. Помимо линейных и угловых измерений он впервые позволял определять все пять параметров резьбы за один установ детали. Включая модернизированные варианты (1930, 1935, 1950 и 1975 гг.), было изготовлено намного более 5.000 приборов этого типа.

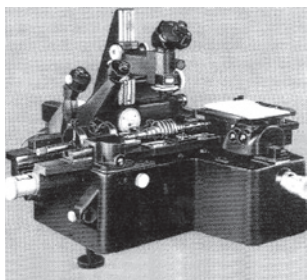
В 1926 г. на рынок поступили также первые оптико-механические длиномерные машины, сконструированные по принципу Эппен-штейна. Шкала и объект измерений располагались теперь рядом. Это повлекло за собой не только значительную экономию материалов, но и существенно более благоприятные условия в отношении механической и температурной стабильности.

С 1919 по 1927 г. было изготовлено и запущено в производство 15 крупных технических контрольно-измерительных приборов, некоторые из них нескольких типов. Наряду с уже упомянутыми резьбоизмерительным микроскопом, резьбоизмерительным компаратором и универсальным измерительным микроскопом появились малый и большой инструментальные микроскопы, измерительный микроскоп «А» и машины для измерения длин в диапазоне от 500 до 6000 мм. Оптиметр выпускался в вариантах с вертикальным и горизонтальным расположением оси измерений и с большим числом дополнительных приспособлений. Оптическая делительная головка изготавливалась как измерительный прибор и как встроенный прибор контроля. Предлагалась многообразная программа малых приборов, таких как винтовые и рычажные микрометры, пассиметры, механические и оптические угломеры, приборы для измерения толщины зуба зубчатых колес, а также плоскопараллельные концевые меры длины. Компаратор концевых мер длины, выпускавшийся двух типов, обеспечил соотношение с эталоном метра на основе длин световых волн. Если сложить все это вместе, то мы получим 34 прибора в 270 исполнениях. Большая часть этого созданного за сравнительно короткое время ассортимента определяла тогдашний мировой уровень.

В 1930г. завод «ЦЕЙСС» взял сбыт в собственные руки. В последующие годы ассортимент приборов был полностью переработан. Нашли применение накопленный опыт и знания, а также новые способы производства. Для удовлетворения новых требований возникли новые приборы. Так, ассортимент дополнили профилопроекторы (1930), которые уже вскоре были оснащены координатными измерительными столами, измерительный прибор для контроля кулачковых валов (1931), вертикальный (1933) и горизонтальный (1935) длиномеры АББЕ, труба для контроля прямолинейности и соосности (1936), оптический круглый делительный стол (1937), профилометр по ШМАЛЬЦУ (1937), прибор для контроля биения (биемимер) (1939), эвольвентометр (1939) и интерференционный микроскоп (1943). Многие из этих успешно экспортировавшихся во все страны света приборов превратились в стандартное оборудование измерительных лабораторий в металлообрабатывающей промышленности. Их принципы конструирования, их параметры и возможности применения нашли отражение в специальной литературе всего мира, и даже спустя десятилетия такие названия, как универсальный измерительный микроскоп («УММ»), универсальный длиномер («111-М») и др. неразрывно связывались с точностью и надежностью.

Новые оптико-механические приборы для измерения линейных размеров

Когда после второй мировой войны в 1947г. началась разработка новых технических контрольно-измерительных приборов, доминировали, как и прежде, оптико-механические принципы. Основное внимание в то время было направлено в первую очередь на повышение точности измерительных приборов в целях удовлетворения постоянно растущих требований производства. Разработчики искали новые пути решений, а также стремились создавать четкие и наглядные конструкции с простым обслуживанием. Уже в 1949 г. н/п «Карл Цейсе ЙЕНА» представило универсальный горизонтальный длиномер „ULM“-существенную модернизацию горизонтального длиномера АББЕ.



В 1950 г. было закончено конструирование 14 приборов. На Лейпцигской ярмарке 1950 г. пять из этих приборов получили впервые учрежденный Знак качества «Q» ГДР, в их числе универсальный измерительный микроскоп «УММ» (рис. 5).

Рис.5: Универсальный измерительный микроскоп «УММ» (1950 г.).

Наряду с прочими новинками в последующие годы появились вертикальные оптиметры «МОР-1/100» и «МОР-02/20». Последний благодаря своей очень высокой точности измерений использовался преимущественно для контроля концевых мер длины.

В 1952 г. на рынок были выпущены большой проектор «600» и профилопроектор «200». Из модернизированной в 1954г. 3-метровой машины для линейных измерений образовалась новая конструкция – оснащенная большим числом дополнительных приспособлений универсальная длиномерная машина 3 м (рис. 6).

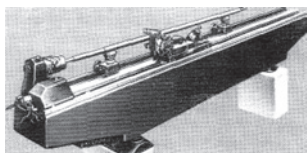


Рис.6: Универсальная длиноизмерительная машина (1935 г.).

Этот первоклассный прибор характеризуется отдельными направляющими для измеряемого объекта и для измерительной каретки, что позволяет измерять любые участки даже протяженных объектов таким образом, что вес объекта не оказывает воздействия на направляющую измерительной каретки. Широкие возможности измерения параметров резьбы придают этому прибору особую ценность при контроле качества ходовых винтов большой длины, в том числе винтов с шариками. Универсальная длиномерная машина в течение многих лет была на рынке вне конкуренции.

Приборы для измерения параметров зубчатых колес

В соответствии с традициями после второй мировой войны завод «ЦЕЙСС» также продолжал работы в области приборов для измерения параметров зубчатых колес – одной из важнейших областей промышленной метрологии. Прежде всего для использования в цехах в 1951 г. был представлен модернизированный биениемер, замененный в 1969г. более точным и современным прибором «М-200». Для контроля многочисленных параметров червячных фрез предназначен автоматически измеряющий и регистрирующий прибор 1958 г. Он позволяет за один установ быстро, просто и с высокой точностью измерять все основные параметры закрепленной фрезы. Для определения отклонений профиля цилиндрических зубчатых колес в 1953 г. был создан эвольвент-томер «VG-450» с бесступенчатой оптической установкой основной окружности, в 1966 г. появилась модернизированная модель «VG-450-K». Известный под названием «полумесяц» старый цейссовский прибор для измерения различных параметров зубчатых колес был дополнен в 1956 г. регистрирующим устройством для комплексного двухпрофильного контроля. Он получил широкое распространение в промышленности как универсальный прибор для контроля параметров зубчатых колес. В 1968 г. и последующие годы этот прибор был заменен приборами нового поколения. Новый автоматический прибор для комплексного двухпрофильного контроля зубчатых колес «ZA-450-5» с быстродействующим самописцем, а также автоматический высокоточный

универсальный прибор для поэлементного контроля зубчатых колес «ТА-450» давали не только наивысшую точность, но и прежде всего резкое увеличение производительности. «ТА-450» предлагался в нескольких вариантах: аналоговый вариант «S» с быстродействующим самописцем и обработкой данных вручную, а также цифровой вариант «D» с выводом на перфоленту или с подключением к автономной или неавтономной малой управляющей ЭВМ для автоматической обработки данных и вывода результата. Этот вариант «О» с цифровой обработкой данных был первым прибором для измерения параметров зубчатых колес такого рода, поступившим в продажу.

В эти приборы для измерения параметров зубчатых колес, а также в контактный профилограф «МЕ-10» выпуска 1965 г. были впервые внедрены в большом объеме электронные узлы, служащие для сбора данных измерения с помощью индуктивных датчиков, а также для их обработки в ЭВМ. Тем самым был начат переход к новому качеству - привлечению электроники и микроэлектроники как базы для создания автоматизированной интегрированной измерительной техники. Ощупывающая головка «МЕ-10» через воздушную опору устанавливалась на эталоне прямолинейности, так что наряду с шероховатостью можно было также контролировать отклонения от формы.

Цифровые измерительные системы - основа любой автоматизации

В конце 60-х годов потребность в точных и надежных измерительных системах возросла не только в станкостроительной промышленности, но и в точном приборостроении. По этой причине в 1970г. для разработки и производства этих блоков числового программного управления было образовано самостоятельное подразделение, причем в соответствии с традициями мы сконцентрировали усилия на оптоэлектронных принципах действия. Уже с 1963 г. в производственную программу входили фотоэлектрические системы для абсолютных угловых измерений, изготавливавшиеся для станкостроения. Следуя обозначившейся в конце 60-х годов тенденции к инкрементальному (основанному на приращениях) сбору данных измерения, в 1970 г. мы передали в производство первую инкрементальную углоизмерительную систему «IGR». После многократной модернизации технологии и электронных схем сегодня предлагается множество датчиков с числом импульсов от 100 до 5.400, различными кабельными разъемами, габаритами и техническими параметрами. Они применяются для измерения углов, угловых скоростей и ускорений. Линейные измерения можно проводить косвенным путем за счет сопряжения с механическими преобразователями. Для исключения погрешностей, источником которых являются механические передачи, перешли к системам прямого измерения перемещений. Для работы в условиях станкостроения, где требуются точные, но и устойчивые и прочные измерительные системы, были разработаны инкрементальные системы «IAL» для линейных измерений, работающие в отраженном свете. Для точного оптического приборостроения была вначале разработана инкрементальная система для линейных измерений в проходящем свете «IGT-1», на базе которой была затем сконструирована система с высоким разрешением «IDL-01». С 1982г. эти системы вместе с блоком индикации «AE-100» или «AE-101», имеющим разрешение 0,1 мкм, встраиваются в наши координатные измерительные приборы. Они явились предпосылкой к появлению нового поколения координатных измерительных приборов.

Концентрация на координатной измерительной технике

Первые изготовленные в Йене оптико-механические технические контрольно-измерительные приборы были компараторами, по современной терминологии - однокоординатными измерительными приборами. Уже спустя несколько лет к ним добавились двухкоординатные измерительные приборы, например в 1920 - резьбоизмерительный микроскоп, в 1924 - большой инструментальный микроскоп, в 1926 - универсальный измерительный микроскоп. Быстрое чередование разработок показывает, что уже тогда существовала большая потребность в такого рода измерительных приборах.

Эта линия последовательно продолжалась. Сегодня координатная измерительная техника составляет ядро нашей программы. Эту группу приборов представляют такие достижения, как вертикальный длиномер АББЕ «01-200-С» (рис. 8), универсальный горизонтальный длиномер «ULM-01-600-С», длиномерная машина «05-1000-С» (рис. 9) и в первую очередь двухкоординатный измерительный прибор «ZKM-01-250-С» или «СМ».

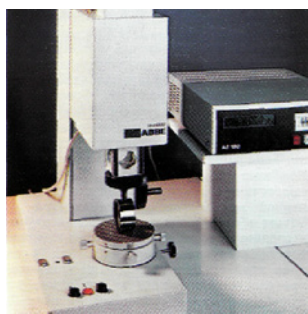


Рис.8: Вертикальный длиномер АББЕ «01-200-С» (1982г.).

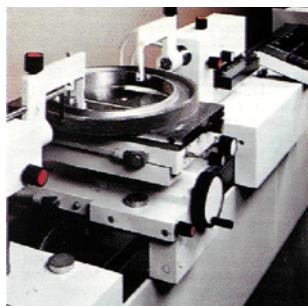


Рис.9: Длинномерная машина «05-1000-С»

Начался этот этап в 1975 г. новой концепцией двухкоординатных измерительных приборов «ZKM», существенно улучшенных по сравнению с предшествовавшим поколением. Примечательным был прежде всего новый точный метод снятия размера с помощью интерференционной линии. Этот способ был впервые применен на основе двухлучевой интерференции в 1969 г. в измерительном микроскопе «ВК-70 x 50». В существенно улучшенном варианте с многолучевой интерференцией этот способ позволял достичь в «ZKM» погрешностей снятия размера, составляющих лишь 1/3 от погрешностей, даваемых способом теневого изображения. Благодаря этому удалось почти во всех случаях отказаться от способа осевого сечения и существенно повысить удобство в работе.

В 1977г. был расширен диапазон измерений «ZKM». Теперь он представляет собой универсальный прибор для прецизионных измерений в диапазоне 250x125 (мм), что сделало его незаменимым во многих отраслях промышленности.

Развитие этого прибора особенно отчетливо выявляет влияние микроэлектроники. Первые приборы серии «ZKM» представляли собой бинокулярные измерительные микроскопы с оптическими длиномерными системами и проекционным отсчетом, однако уже в этих приборах имелась возможность коррекции определенных систематических погрешностей оптическими средствами. Первые цифровые приборы были оснащены «IGT-1» и ламповыми индикаторами. Благодаря возможности установки на ноль в любом положении отпала необходимость в ряде вычислений, производимых вручную, а соответствующий интерфейс обеспечивал регистрацию и обработку данных. Сегодня «ZKM» представляют собой цифровые приборы, оснащенные измерительными системами «IDL-01» и блоками индикации «AE-101». Встроенная в блок индикации микро-ЭВМ берет на себя выполнение ряда функций, значительно повышающих потребительную ценность всей системы, в том числе коррекцию индивидуальных

систематических погрешностей, возможность компенсации линейных погрешностей (например, температурных), работы в двух системах единиц и на двух уровнях счета, автоматического распознавания и записи экстремальных значений (важно для механического ощупывания), и, наконец, подключения через интерфейс ЭВМ, которая с помощью соответствующего программного обеспечения быстро и удобно определяет результаты измерения по поступившим на вход данным.

Техника координатных измерений с использованием ЭВМ

Включение электронной обработки данных в промышленную метрологию явилось решающим шагом на пути к интенсификации и рационализации контроля качества геометрии. Поэтому уже в начале 70-х годов в тесном сотрудничестве с кафедрой промышленной метрологии Дрезденского технического университета на базе разработанной там системы программирования MAUS были созданы пакеты прикладных программ, позволяющие с помощью ЭВМ, работающих автономно или же непосредственно подключенных к прибору, быстро и без каких-либо проблем определять результат по отсчетам, снятым в точках измерения. Впервые это ориентированное на пользователя программное обеспечение было применено в универсальном измерительном стенде на базе автоматической трехкоординатной измерительной машины «DKM-1-750-OA» (1973), затем также в трехкоординатном измерительном приборе «DKM-1-300-OP» со встроенной микроЭВМ «K-1510» (н/п «РОБОТРОН»). «K-1510» была также первой ЭВМ, встроенной в наши двухкоординатные измерительные приборы. Существенно более универсальные возможности дала гибко программируемая малая ЭВМ советского производства «ЭЛЕКТРОНИКА-60», встроенная в «ZKM -05-250-PC» (рис.7).



Рис. 7: Двухкоординатный измерительный прибор «ZKM -05-250-PC» с ЭВМ «Электроника-60» (1982 г.).

Благодаря специальным пакетам программного обеспечения для измерения резьб и зубчатых колес, а также двухкоординатной щуповой головке для динамического сбора данных измерения здесь была не только существенно повышена универсальность, но и решающим образом улучшена производительность измерений и обработки данных. Эти «ZKM» широко распространились по заводским контрольно-измерительным лабораториям как в ГДР, так и за рубежом. В целях приспособления к условиям рынка пакеты программного обеспечения были модифицированы и, например адаптированы для ЭВМ фирмы «Хьюлетт Паккард». В противоположность этому прогрессу, достигнутому при сборе данных о положении измерительного стола и их обработке, без изменений оставалось субъективное (визуальное) оптическое снятие размера объекта измерений. Благодаря фотоэлектрическому измерительному устройству «FEM» был объективизирован и этот процесс. «FEM» было сконструировано таким образом, что во всех типах «ZKM» его можно вставлять вместо подвижного блока с сетками (штриховыми пластинками). Оно обеспечило очень точное объективное и динамическое снятие размера. Особенно удобно и точно можно было работать в сочетании с телевизионной измерительной головкой (рис. 10).



Рис. 10: Двухкоординатный измерительный прибор «ZKM-01-250-C», измерительная головка с переходником для телекамеры и фотоэлектрическим измерительным устройством «FEM» (1985 г.).

Объективизация оптического снятия размера является предпосылкой к автоматизации оптических методов измерения. «ZKM-01-250-СМ» в 1987 г. явился первым координатным измерительным прибором следующего поколения: высокоточный управляемый от ЭВМ прибор для использования в контрольно-измерительной лаборатории, сопряженный с персональным компьютером «А-7150» дрезденского комбината «РОБОТРОН». Снятие размеров объектов измерения может производиться механически с помощью индуктивной двух-координатной измерительной головки по точкам или же методом сканирования, классическим оптическим методом либо с помощью оптоэлектронного измерительного устройства «ККР», работа которого не зависит от направления. Для обработки данных измерения служит удобный и универсальный пакет программного обеспечения. Прибор обеспечивает как обучающееся программирование, так и режим автоматических повторяющихся измерений. «ZKM -01-250-СМ» представляет собой наш самый современный координатный измерительный прибор наивысшей точности и производительности, с его помощью сделан следующий шаг в направлении интеграции измерительного процесса в производственный процесс.

Концентрация научного потенциала

В 1970 г. в целях обеспечения возможности более эффективной координации и использования научного потенциала и производственных мощностей изготовители научных приборов ГДР были объединены в комбинат н/п «Карл Цейсе ЙЕНА». Сегодня помимо йенского завода прецизионного оптического приборостроения приборы для производственных измерений выпускают также входящие в состав комбината заводы н/п «Файнмессцойгфабрик Зуль» и н/п «ФАИНМЕСС ДРЕЗДЕН». Оба завода имеют за плечами богатые традиции и уже с давних пор известны своей продукцией во всем мире.

Н/п «ФАИНМЕСС ДРЕЗДЕН» является заводом точной механики и оптики с более чем 100-летней историей, который заслужил мировую славу главным образом в области делительных машин и имеет среди своих покупателей изготовителей измерительных приборов со всего света. С начала 60-х годов, а особенно после включения в состав комбината н/п «Карл Цейсе ЙЕНА», завод превратился в одного из основных изготовителей специальных измерительных устройств для станкостроения. Особое значение имеют электронные системы активного контроля и щуповые головки для автоматизации станков.

И н/п «Файнмессцойгфабрик Зуль», возникновение которого относится к 70-м годам прошлого столетия, также расширило свою традиционную производственную программу современными электронными измерительными приборами. Этот ассортимент образует фундамент многочисленных современных решений, осуществляемых с учетом специфики покупателя и поэтому сравнительно дешевых (статью ГЕРНГРОССа об этом заводе см. в данном номере журнала).

Перспективы

В прошедшие 70 лет развития измерительных приборов фирмы «ЦЕЙСС» наше предприятие всегда стремилось к тому, чтобы поставлять промышленности отвечающие ее потребностям современные приборы для промышленной метрологии. Современные решения представляют собой следующий этап в упомянутом вначале развитии от простой констатации качества к управлению им. Темп развития огромен, а дел еще много. Комбинат н/п «Карл Цейсе ЙЕНА» с его многолетним опытом в области промышленной метрологии целеустремленно работает в сотрудничестве с многими научно-исследовательскими и проектно-конструк-торскими организациями ГДР над решением этой проблемы. При этом традиции и прогресс составляют основу для дальнейших разработок, ориентированных на потребителя.

Источники / Литература

- [1] EPPENSTEIN, O.: Optische Messungen im Maschinenbau. Löwe-Notizen 1931, 8/8/10.
 - [2] REINDL, R.: Dr. OTTO EPPENSTEIN, ein Wissenschaftler des Jenaer Werkes. Jenaer Rundschau 12 (1967) S, 263-267.
 - [3] HULTZSCH, E., und B. MEIER: Geschichte und Entwicklung technischer Feinmeßgeräte bei Carl Zeiss Jena. Jenaer Rundschau 12 (1967) 5, 268-284.
 - [4] HULTZSCH, E.: Technische Feinmeßgeräte, Jenaer Rundschau 16(1971) 5, 283 – 290.
 - [5] HULTZSCH, E.: Präzisionskomparatoren für die Ein-Koordinaten-Messungen. Jenaer Rundschau 18 (1973) 4, 220-228.
 - [6] GÖTZE, D., F. SÖLDNER, P. VOGEL: Stand und Entwicklungstendenzen der Längenmeßtechnik für die Fertigungstechnik. Jenaer Rundschau 21 (1976) 4, 175-178.
 - [7] PRIPLATA, H.: Technische Feinmeßgeräte. In: 30 Jahre DDR, 30 Jahre dynamische Entwicklung optischer Präzisionsgeräte in Jena. Beilage der Jenaer Rundschau 1979.
 - [8] LOTZE, W.: Zur Entwicklung der Feinmeßtechnik - Basis des Austauschbaus und moderner Produktionstechnik im Maschinen- und Gerätebau. Jenaer Rundschau 26 (1981) 4, 128-130.
 - [9] HOLSCHKE, H., und A. STEINER: 15 Jahre Numerik im Kombinat VEB Carl Zeiss JENA. Jenaer Rundschau 30 (1985) 2, 76-78.
 - [10] KERN, V.: Der Kombinatbetrieb VEB Feinmeß Dresden, Produzent von Meßeinrichtungen für Werkzeugmaschinen. Jenaer Rundschau 30 (1985) 2, 80-82. „*
- * конец цитата из журнала «Йенское обозрение» 03/1988

2. «Иенский универсальный горизонтальный длиномер история развития и перспективы»

Автор: Ганс-Иоахим Зоммер

„Первые горизонтальные контрольно-измерительные приборы“

Привлечение фирмы «ЦЕЙСС» к работам основанного в 1917 г. Германского комитета стандартов, необходимость в надежных и взаимозаменяемых конструкциях потребовали внедрения в промышленную метрологию значительно более точных методов, чем чисто механические. Это требование было реализовано путем внедрения оптических мер. Одним из первых измерительных приборов нового типа был оптиметр с горизонтальной стойкой, который был представлен в 1920г. (рис.1); серийный выпуск его начался с 1922 г.

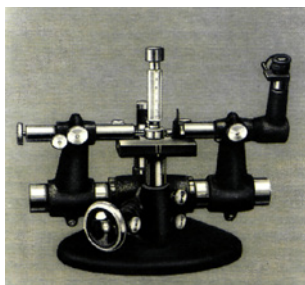


Рис. 1: Оптиметр с горизонтальной стойкой
(около 1922 г.).

У этого прибора, который называют «родоначальником» современного универсального горизонтального длиномера, не только «горизонтальная стойка» сходна с современной конструкцией направляющих для измерительного элемента и задней пиноли. Многие другие принципиальные особенности компоновки можно обнаружить и в современных длиномерах.

Труба оптиметра с ценой деления 0,001 мм использовалась для сравнительного измерения при абсолютном диапазоне измерения $\pm 0,1$ мм, причем размеры контролируемых объектов составляли от 0 до 350 мм.

В начале 30-х годов оптиметр с горизонтальной стойкой был усовершенствован в абсолютный толщиномер, а несколько позже он был назван длиномером Аббе.

Этот прибор (рис. 2) конструктивно напоминал оптиметр с горизонтальной стойкой. Ось измерения и здесь была горизонтальной, а встроенная стеклянная шкала длиной 100 мм размещалась в плоскости компарирования. Применение спирального микроскопа обеспечивало высокую точность отсчета до 0,001 мм, причем с возможностью оценки на глаз долей деления. Впервые в заводских

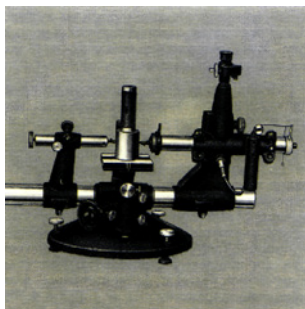


Рис. 2: Длинномер Аббе (1936 г.).

перспектах появилось понятие «погрешность измерения», которая до настоящего времени используется для характеристики качества измерительного средства. В зависимости от видов измерений - внутренние или наружные, измерения резьбы или цилиндров - погрешность измерения уже тогда была от $U = \pm 0,0048$ мм до $\pm 0,0058$ мм для 100-мм диапазона измерения стеклянной шкалы.

Благодаря универсальным возможностям применения длиномер Аббе превратился в своего рода малую измерительную машину. В таком исполнении прибор выпускали свыше 10 лет.

Поколения универсального горизонтального длиномера

После 1945 г. была разработана новая концепция программы производства технических контрольно-измерительных приборов. К числу первых заново спроектированных приборов принадлежал и универсальный горизонтальный длиномер.

1. Универсальный горизонтальный длиномер (1947г.)

В этом приборе нашел отражение опыт применения горизонтального длиномера Аббе, а также современные требования пользователей. При этом важным элементом явилась совершенно новая и более жесткая станина, которая была снабжена плоской направляющей для измерительного элемента и задней бабки. Выбранный направляющий профиль сохранился до сих пор. Смещение измерительного элемента Аббе на левую сторону прибора облегчило обслуживание прибора. Еще одно эргономическое усовершенствование - наклонная ось окуляра спирального микроскопа.

Следует отметить следующие метрологические усовершенствования по сравнению с длиномером Аббе:

- уменьшение погрешности измерения до $U = \pm 0,0025$ за счет более жесткой конструкции
- увеличение диапазона перемещения стола по высоте
- возможность измерения поперечного не ремещения стола
- возможность измерения отверстий диаметром от 1 мм за счет применения электрического щупа.

Универсальность прибора обеспечивал широкий набор принадлежностей. Для различных видов измерений могли быть предложены 10 различных вариантов.

2. Универсальный горизонтальный длиномер (1951 г.)

Эта модель характеризовалась следующими изменениями:

- Четыре движения стола: установка по высоте в пределах от 0 до 105 мм, наклон $\pm 3^\circ$ относительно оси, перпендикулярной к направлению измерения, плавающее движение плиты стола в пределах ± 5 мм в направлении измерения, возможность поворота плиты стола на $\pm 10^\circ$ вокруг вертикальной оси.
- Встроенное в станину взвешивающее устройство позволяло уравнивать объект измерения.
- Механизм установки по высоте был снабжен регулируемыми упорами для обеспечения заданной (одинаковой) высоты снятия отсчета при повторных измерениях. Движение измерительной пиноли осуществлялось с помощью прецизионного механизма фрикционного типа. Этот механизм не входил в измерительный элемент.
- Понижающий трансформатор для питания осветителя отсчетного микроскопа и устройства для измерения с помощью электрического щупа был встроен в станину.

Прибор, который в последующее время непрерывно совершенствовался, был удобен в обслуживании, мог быть установлен самим пользователем и почти не требовал технического обслуживания. Удобство отсчета по шкале с ценой деления 0,001 мм, а также тот факт, что завод-изготовитель гарантировал приведенную в документации точность измерения, укрепили

репутацию этого универсального длиномера высокой точности. Так, например, погрешность наружных измерений с использованием сменных бочкообразных измерительных наконечников составляла $U = \pm (1,5 + L/100)$ мкм, так что при длине 50 мм ошибки измерения не превышали 0,002 мм.

3. Универсальный горизонтальный длиномер (1959 г.)

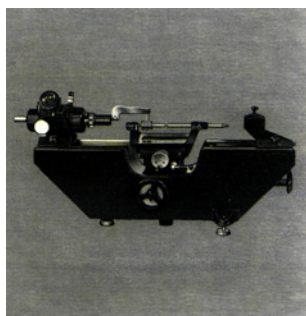


Рис. 3: Универсальный горизонтальный длиномер с устройством для измерения шага резьбы (1959г.).

В этой модели боковая направляющая типа «ласточкин хвост» механизма перемещения стола по высоте была заменена цилиндрической направляющей, расположенной центрально под столом. Включение прецизионного фрикционного механизма в измерительный элемент Аббе позволило получить компактную измерительную систему по принципу компаратора Аббе. Прибор, который непрерывно улучшали в 50-е годы, удовлетворял практически всем требованиям пользователя. Поэтому основное внимание было уделено разработке широкого ассортимента принадлежностей с целью дальнейшего повышения универсальности прибора.

В такой конфигурации универсальный длиномер выпускали около 20 лет. За это время он был установлен практически во всех измерительных лабораториях металлообрабатывающей промышленности в качестве незаменимого поверочного средства для контроля калибров и концевых мер. Общее число изготовленных за все это время приборов превысило 4.000 штук.

4. Универсальный горизонтальный длиномер «ULM-02-600» (1980 г.)

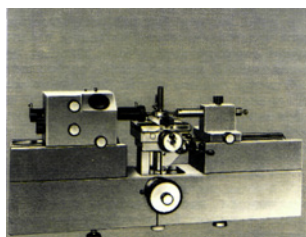


Рис.4: Универсальный горизонтальный длиномер «ULM-M-02-600» (1980 г.).

Новый универсальный горизонтальный длиномер «ULM-02-600» отличался от предшествующих моделей современным дизайном, соответствовавшим новой технологической оснастке. Были сохранены оправдавшие себя плоские направляющие, в то время как измерительный элемент Аббе был сконструирован заново. Обозначение «02» характеризует наименьшую цену деления шкалы 0,2 мкм. Мерой служил стеклянная шкала длиной 100 мм, разделенная через 0,1 мм; в соответствии с принципом компаратора шкала свободно закреплена по оси измерительной пиноли. Для тонкой интерполяции 0,1-мм интервалов использовалась оптическая система с ценой деления шкалы 0,002 мм, которая вместе с делениями шкалы проецировалась на матовое стекло.

За счет конструктивных улучшений измерительного элемента впервые в долгой истории измерительных приборов с горизонтальной осью измерения удалось обеспечить погрешность измерения на длине 100 мм $U \leq \pm 0,001$ мм. Диапазон размеров контролируемых объектов был увеличен с 450 мм до 500 мм.

«ULM-02-600» хорошо зарекомендовал себя более чем в 40 странах как важное средство измерения для контроля калибров и других образцовых мер. С помощью специальных принадлежностей можно было реализовать 9 различных методов измерения. В начале 1983 г. наш комбинат выпустил

6.000-й универсальный горизонтальный длиномер; такой объем выпуска свидетельствует о непрерывном совершенствовании этого прибора.

Быстрый рост применения электронных элементов и цифровой техники нашел отражение и в прогрессе в области промышленной метрологии. Так, сразу же после запуска в производство прибора «ULM-02-600» с квазидигитальным оптическим отсчетом была разработана новая модификация.

5. Универсальный горизонтальный длиномер «ULM-01-600-D» (1981 г.)

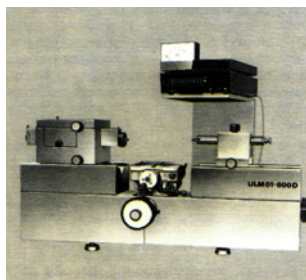


Рис.5: Универсальный горизонтальный длиномер «ULM-01-600-D» (1981 г.).

Название «ULM-01-600-D» характеризует вариант универсального горизонтального длиномера с разрешением 0,1 мкм, электронно-цифровой индикацией и новым измерительным элементом Аббе. Инкрементальная стеклянная шкала была встроена в станину, а электронная считывающая головка интегрирована в прямоугольную пиноль.

Позиция измерительного элемента, снимаемая с помощью инкрементальной измерительной системы отображается на электронном индикаторе с цифровым дискретом 0,1 мкм. Любая позиция может быть принята за нулевую, причем первый уровень счета сохраняется. Двоично-десятичный выход данных позволяет подключать периферийные устройства. В этом варианте универсального горизонтального длиномера используется импортная измерительная индикаторная система.

6. Универсальный горизонтальный длиномер «ULM-01-600-C»

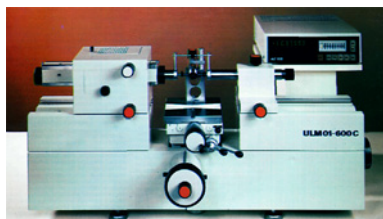


Рис. 6: Универсальный горизонтальный длиномер «ULM-01-600-C» (1983 г.).

Этот вариант прибора, представленный в 1983 г., оснащен инкрементальной измерительной системой для линейных измерений «IDL» и блоком индикации.

«AE-100/ 101» производства нашего комбината. Он удовлетворяет возросшим требованиям к точности, экономичности и удобству обслуживания.

В приборе «ULM-01-600-C» с инкрементальной измерительной системой и цифровой индикацией данных измерений были изменены некоторые детали измерительного элемента. Новая конструкция опоры пиноли непосредственно сказалась на качестве направляющих и улучшила эксплуатационные качества прибора. Благодаря новой измерительной системе «IDL-01», обеспечивающей очень незначительную величину мощности, рассеиваемой измерительной головкой, удалось снизить влияние температуры и соответственно улучшить пусковые характеристики (выхода на режим) по сравнению с вариантом «ULM-01-600-D». По точности измерения $U = \pm 0,0007$ (отпадает один член, зависящий от измеряемой длины) прибор «ULM-01-600-C» относится к од-нокоординатным измерительным приборам высшего класса.

Новое качество этого варианта прибора - микроЭВМ, встроенная в блок индикации. Компьютер осуществляет, например, коррекцию определенных систематических погрешностей и позволяет индивидуальную коррекцию линейных погрешностей. В частности, можно компенсировать температурные погрешности, обусловленные недостаточным терморегулированием объектов измерения.

Два уровня счета обеспечивают удобство измерения, например, одновременное определение единичных (местных) и суммарных ошибок резьб. Но особенно важным представляется автоматическое распознавание экстремальных значений, что существенно улучшает фиксацию точек возврата при юстировке объектов измерения. Возможно и динамическое снятие размеров; это имеет значение в частности при использовании периферийных устройств (печатающего устройства или ЭВМ). Таким образом, «ULM-01-600-C» не только самый точный, но и самый эффективный вариант из серии приборов «ULM».

В настоящее время во всем мире широкое применение находят настольные и мини-ЭВМ, так что даже традиционные технические контрольно-измерительные приборы превращаются в измерительные станции на базе ЭВМ. Таким путем выполняется требование относительно автоматизации обработки данных измерения с полным документированием и архивированием результатов.

Предлагается большое число программ машинной обработки, которые отчасти привязаны к определенному измерительному прибору. Но находят применение и такие программы, которые реализуют полную подготовку и организацию контроля средств измерений и обеспечивают обработку данных измерения от нескольких приборов и даже лабораторий, в том числе удаленных на большие расстояния.

Такая программа для контроля калибров с помощью однокоординатных измерительных приборов была разработана в Йенском университете им. Фридриха Шиллера. Возможности применения - от автономной работы при ручном вводе данных измерения до автоматической оперативной обработки данных. Кроме расчета действительных размеров калибров обеспечиваются длительное хранение параметров калибров и их сравнение с данными предшествующих измерений.

Благодаря применению самой современной электроники, инкрементальных измерительных систем и встроенных микропроцессоров «ULM-01-600-C» представляет собой прибор высшего класса качества и точности. При этом неперменным условием остается высокая точность изготовления и юстировки. За прошедшие шесть десятков лет универсальный горизонтальный длиномер отлично себя зарекомендовал, причем его модернизация непрерывно продолжается с учетом растущих требований и пожеланий пользователей. Наш комбинат при этом последовательно использует как собственный богатый опыт, так и новейшие достижения в области техники координатных измерений.

Литература

- [1] GILLERT, H., und G.MÜLLER: Jenaer Rundschau 30 (1985) 2, S. 60.
- [2] HOCHBACH, M., u.a.: Feingerätetechnik 36 (1987) 10, S. 442.*

* конец цитата из журнала «Йенское обозрение» 03/1988