

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА РОССИЙСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МИКРОСКОПОВ

Комбаров М.С.<sup>1</sup>, Кузнецов М.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Швабе – Оборона и Защита», 630049, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 179/2, начальник управления программ развития, [npz36@ngs.ru](mailto:npz36@ngs.ru);

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия», 630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, к.т.н., доцент кафедры специальных устройств и технологий, [a9214439@yandex.ru](mailto:a9214439@yandex.ru)

---

В статье приводится историческая информация о развитии микрокапillary в целом, рассмотрены основные тенденции развития производства российских измерительных микроскопов. Приводится динамика микрокапillary на предприятиях бывшего СССР, перспективные пути модернизации и разработки новых микроскопов в наши дни. Особое внимание уделено сравнению российских микроскопов с их зарубежными аналогами. Рассматриваются конструктивные и технологические особенности различных моделей микроскопов, в том числе столов, осветителей, механизмов перемещения и других. Делается вывод о возможных направлениях микрокапillary в ближайшее десятилетие, к которым, в частности, можно отнести: увеличение диапазона измерений; внедрение третьей измерительной координаты; отказ от внешних отсчетных и управляющих систем в пользу применения компьютеров, а зачастую и планшетов; автоматизация управления перемещениями.

---

Ключевые слова: приборостроение, микроскоп, обработка результатов измерений.

## PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF RUSSIAN PRODUCTION METER DATA MICROSCOPES

Kombarov M.S.<sup>1</sup>, Kuznetsov M.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>JSC "Shvabe – Defense and Protection", 630049, Novosibirsk, D.Kovalchuk st.,179\2, Head of development program department, [npz36@ngs.ru](mailto:npz36@ngs.ru);

<sup>2</sup>Siberian state geodetic Academy, 630108, Novosibirsk, Ul. Plakhotnogo, 10, Ph.D., associate Professor of special devices and technologies, [a9214439@yandex.ru](mailto:a9214439@yandex.ru)

---

The article provides historical information about the development of microcapillary in General, look-Reny main trends of development of Russian production of measuring microscopes. Contains the dynamics of microcapillary at the enterprises of the former USSR, promising the path of modernization and development of new microscopes today. Special attention is paid to the comparison of the Russian microscopes with their foreign counterparts. Discusses the design and technological features of different models of microscopes, including tables, lighting, movement mechanisms and others. The conclusion is made about the possible directions of microcapillary in the next decade, which, in particular, include: increased range; the implementation of the third measuring coordinates; the rejection of the external readout and control systems in favour of using computers, and often tablets; automation motion control.

---

Keywords: instrumentation, microscope, processing of measurement results.

Производство измерительных микроскопов «Швабе – Оборона и Защита» началось во второй половине 30-х годов 20 века. Именно в это время в Красногорске, а тогда завод располагался именно там, началось производство измерительного микроскопа и диапазоном измерения 100x50 мм. Сейчас уже сложно установить, было ли это лицензионное производство или его «позаимствовали» у Цейса, но факт остается фактом – в конце тридцатых годов в России уже выпускали измерительные микроскопы.

Начавшаяся война не позволила расширить линейку микроскопов, их выпуск, как в прочем и всей гражданской оптики, был свернут. Производство измерительной оптической техники было возобновлено в начале 50-х годов – на трех заводах – в Новосибирске, Ленинграде

де и Киеве, было организовано производство оптико-механических измерительных приборов. Новосибирску тогда досталось изготовление инструментальных микроскопов [3], делительных головок и кое-чего из станочной оптики.

Основой конструкций были немецкие аналоги фирмы Zeiss. Так появились микроскопы БМИ и ММИ. Надо отметить, что данные модели предназначались для непосредственного контроля в механических цехах, это определило их высокий технический ресурс. Даже сейчас, после пятидесяти – шестидесяти лет эксплуатации, отдельные образцы еще используются на некоторых заводах, причем сохраняют свои точностные характеристики. Если не обращать внимание на отдельные технические усовершенствования, то ММИ и БМИ находились в производстве до середины 80-х годов, по сути, лишь менялись отдельные элементы и обозначения моделей. В конце 70-х были установлены микровинтовые механизмы перемещения стола с интегрированными оптоэлектронными датчиками и блоками цифровой индикации, что позволило в том числе выделять малоконтрастные элементы деталей и приборов [10, 11].

Более кардинальные изменения произошли во второй половине 80-х годов – запуск в серию микроскопов серии ИМЦЛ (Инструментальный Микроскоп с Цифровым отсчетом и Линейными датчиками) – стал в прямом смысле прорывом для советской измерительной техники. Источником этого прорыва стало освоение серийного производства преобразователей линейных перемещений ПЛФ – фотоэлектронных датчиков на основе растровых линеек – создавались они конечно вовсе не для микроскопов, а для оснащения станков с ЧПУ, но их параметры позволили создавать и измерительные системы. Конструкция блока цифровой индикации обеспечивала его подключение к принтеру. Чисто номинально, ИМЦЛ обеспечивали возможность подключения его к компьютеру, хотя на практике ИМЦЛ, в отличие от ленинградских ДИПов и УИМов, никогда не комплектовались ими. Первым в новой линейке стал ИМЦЛ 150x50,Б – он сохранил наклонную колонку и поворотный стол. Своеобразной была конструкция механизмов перемещения стола – он перемещался фактически от руки, а затем производилась точная наводка на объект от микровинтового механизма, имевшего диапазон перемещения 10 мм (это во многом было похоже на работу стола у Ленинградских микроскопов). У последнего новосибирского микроскопа, относящегося к советскому периоду, ИМЦЛ100x50,А стол уже можно было перемещать по всему диапазону вращением микровинтов, хотя сохранялась и возможность ручного перемещения. Тогда же была сделана первая попытка внедрения телевизионной техники – микроскоп оснастили видеокамерой с выводом на телевизионный монитор.

Увы, в силу известных событий, в девяностые годы, развитие измерительной микроскопии в Новосибирске и в России остановилось. Отдельные, чисто теоретические конструктор-

ские работы велись, но выхода даже на уровень опытных образцов не было. В это время иностранные производители – Mityoyo, Tesa и ряд других продвинулись значительно вперед – шло повсеместное внедрение программного обеспечения для обработки результатов измерения, совершенствовались системы наведения на край, началось широкое внедрение систем обработки видеоизображения, увеличивались диапазоны измерений, появлялось все больше трехкоординатных микроскопов.

Ситуация в России начала меняться в 2002–2003 гг. – возрождение платежеспособного спроса со стороны российской промышленности и несильно богатые бюджеты метрологических служб, что греха таить, на промышленных предприятиях на средства контроля деньги выделяют в третью-четвертую очередь, возобновило не только производство измерительных микроскопов, но и их развитие. К сожалению, не все российские фирмы дожили до этого светлого дня – прекратило производство измерительной микроскопии ЛОМО. Тем не менее возрождение спроса и наличие все возрастающей конкуренции со стороны иностранных производителей привело к новой волне разработок [7].

В 2005 г. вышла сразу целая линейка российских измерительных микроскопов – шесть микроскопов серии ИМЦЛ. Надо сказать, что при их создании был применен хорошо отработанный иностранными изготовителями «платформенный» принцип создания продукции. В основу линейки легла выпускавшаяся ранее модель – ИМЦЛ 150х50,Б. Были использованы ранее выпускавшиеся, так называемые «круглые» измерительные столы, с увеличенным до 150х75мм диапазоном перемещения с сохранением погрешности, «плоский» стол измерительного проектора ПИ 300ЦВ с диапазоном измерения 150х75мм, имеющий большую поверхность измерительного стола и секторный поворот на угол  $\pm 10^\circ$ , а также был разработан новый измерительный стол с диапазоном измерения 200х75 мм и секторным поворотом  $\pm 10^\circ$ .

Оптическая схема была использована от микроскопа ИМЦЛ100х50,А, так как тубус микроскопа обеспечивал быстрое крепление объективов и имел дополнительный оптический выход, использованный для установки видеонасадок [4]. Был разработан новый галогенный осветитель, взамен заимствованного от делительных головок ОДГ. Также был применен новый блок цифровой индикации – УЦО-209С [5]. Этот блок, кроме наличия встроенных функций обработки измерительной информации, которыми мало кто пользовался, был оснащен последовательным цифровым выходом RS232 [6]. Тогда же была создана и программа для обработки результатов измерения, устанавливаемая на компьютер, подключенный к блоку УЦО.

На тот момент это вывело микроскопы ИМЦЛ если не уровень мировых лидеров, то на достаточно достойный уровень. Следующий шаг был – внедрение видеонасадок. Изучив опыт мировых лидеров, был отвергнут путь создания видеомодулей с выводом изображения

на отдельный внешний монитор или использующих внешние блоки обработки информации. Насадка сразу создавалась с учетом использования персонального компьютера для обработки видеопотока в режиме реального времени и определением момента пересечения края контролируемого объекта с автоматической отсечкой координат, возможности коррекции изображения и выделения контура объекта и его векторизации. Вместе с ранее созданной программной обработкой результатов измерения это дало возможность создания единой программной оболочки для решения измерительных задач.

На данный момент образ среднестатистического измерительного микроскопа выглядит следующим образом: двухкоординатная бесконтактная измерительная система с диапазоном измерения 200x100 или 300x200 мм, с оптико-электронным каналом, обеспечивающим проведение измерений в проходящем и отраженном свете в визуальном или автоматическом режиме, измерительный стол перемещается вручную или в автоматическом режиме, с управлением от компьютера [2, 8]. Микроскоп обязательно подключен к компьютеру, обеспечивающему обработку результатов измерения, решение типовых измерительных задач в автоматическом или полуавтоматическом режиме, а также коррекцию погрешностей прибора и даваемого им изображения, вывод изображения на экран, его анализ, формирование и хранение протокола результатов измерения [1, 12].

Основными направлениями развития измерительных микроскопов в настоящее время являются:

- увеличение диапазона измерений;
- внедрение третьей измерительной координаты;
- отказ от внешних отсчетных и управляющих систем в пользу применения компьютеров, а зачастую и планшетов;
- автоматизация управления перемещениями.

Последними тенденциями на рынке измерительных микроскопов являются создание мультисенсорных двух- и трехкоординатных систем, повышение точности измерений. Внедрение компьютерной обработки и управления, создание автоматизированных приводных столов, привело к созданию сканирующих микроскопов, обеспечивающих полное сканирование всего измеряемого объекта с последующей отработкой отдельных его элементов по заданной программе [9]. Широкое внедрение программных методов обработки результатов измерений позволило практически полностью отказаться от поворотных столов и такой трудоемкой процедуры как «выставление объекта по ходу стола» – объект размещается на поверхности стола, или в установочном приспособлении, практически произвольно, лишь бы он попадал в зону измерений, а его ориентация происходит программным путем.

Отдельного рассмотрения заслуживает мультисенсорность – в настоящее время почти все измерительные микроскопы, кроме самых простых, имеют минимум два измерительных канала – визуальный и оптоэлектронный. Тенденцией современных систем является внедрение лазерных сканирующих каналов, реже рентгеновских каналов, в отдельных случаях применяются контактные головки, аналогичные применяемым на контрольно-измерительных машинах. В последние четыре-пять лет у ведущих мировых производителей, например, немецкой фирмы Mahr, наметилась тенденция внедрения кольцевых полосовых осветителей, обеспечивающих возможность сканирования вертикальных поверхностей контролируемых объектов по третьей координате (традиционно третьей координатой у микроскопов принято считать направление перпендикулярное поверхности измерительного стола), обеспечивающих в совокупности с оптикой с малой глубиной резкости возможность высокоточного сканирования объектов с погрешностью до 5 мкм. Внедрение автоматизированного перемещения столов позволило внедрить систему термоизоляции и термокомпенсации зоны измерения, что также повышает точность. Целям повышения точности способствует применение отсчетных устройств на принципах интерференции (то, что в свое время начинало делать ЛОМО), а в отдельных случаях и лазерных интерферометров.

Подводя итог, хочется сделать небольшой прогноз по тому, как будет выглядеть измерительный микроскоп через несколько лет – бесконтактная сканирующая трехкоординатная измерительная система с диапазоном измерения 300x200x200мм, или даже 400x300x300мм, с погрешностью не более 2 мкм, с интеллектуальной системой управления и обработки результатов измерения с лазерной интерференционной отсчетной системой с компенсацией внешних факторов, со сканирующим мультиволновым каналом.

### Список литературы

1. Кузнецов, М.М. Контроль оптических деталей методом псевдоцветового аналогового кодирования [Текст] / М.М. Кузнецов // Сб. матер. VI Междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19–29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – Т. 5, ч. 1. – С. 190–192.
2. Кузнецов, М.М. Оптика современных микроскопов [Текст] / М.М. Кузнецов, Н.К. Соснова, А.А. Марач // Сб. матер. междунар. науч. конгресс «ГЕО-Сибирь 2011», 19–29 апреля 2011г., г. Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. – Т.5, ч.1. – С. 112-115.
3. Кузнецов, М.М. О технологии на ФГУП ПО НПЗ [Текст] / М.М. Кузнецов, М.С. Комбаров // Сб. матер. междунар. науч. конгресс «ГЕО-Сибирь 2010», г. Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – Т.5, ч.1. – С.193-196.

4. Кузнецов, М.М. Повышение контраста и информативности изображений на основе спектральной и пространственно-угловой фильтрации излучения [Текст] / М.М. Кузнецов, О.К. Ушаков, В.М. Тымкул, М.Ф. Носков // Вестник СГГА. – 2010. – № 2(13). – С. 96-100.
5. Кузнецов, М.М. Программа utso209c для УЦО серии 209. [Текст] / М.М. Кузнецов, А.А. Марач, М.С. Комбаров // Сб. матер. междунар. науч. конгресс «ГЕО-Сибирь 2008», 24–28 апреля 2008 г., г. Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2008. – Т.4. – С. 60-63.
6. Кузнецов, М.М. Применение программного обеспечения для измерительных микроскопов в производстве. [Текст] / М.М. Кузнецов, М.С. Комбаров // Сб. научных трудов аспирантов и молодых ученых СГГА, 2009 г., г. Новосибирск.– Новосибирск: СГГА, 2009. – Вып. 6. – С. 25-28.
7. Кузнецов, М.М. Система технического зрения [Текст] / М.М. Кузнецов, М.С. Комбаров // Сб. матер. междунар. науч. конгресс «ГЕО-Сибирь 2010», 19–29 апреля 2010 г., г. Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2010. – Т.5, ч.1. – С. 166-167.
8. Кузнецов, М.М. Система автоматизированной обработки результатов измерений для инструментального микроскопа. [Текст] / М.М. Кузнецов, А.Н. Соснов, Н.К. Соснова, А.А // Сб. матер. междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь 2011», 19–29 апреля 2011 г., г. Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. – Т.5, ч.1. – С. 132-135.
9. Кузнецов М.М. Совершенствование оптических методов псевдоцветового кодирования изображений для фотометрических измерений: автореф. канд. дисс. – Новосибирск: СГГА, 2011. – 16 с.
10. Носков, М.Ф. Выделение малоконтрастных элементов на фотографических снимках [Текст] / М.Ф. Носков, И.Н. Белоус, М.С. Комбаров, М.М. Кузнецов // Сб. матер. II Междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2006», 24–28 апреля 2006 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2006. – Т. 4. – С. 114–117.
11. Носков, М.Ф. Выделение малоконтрастных элементов на фотографических снимках [Текст] / М.Ф. Носков, И.Н. Белоус, М.С. Комбаров, М.М. Кузнецов // Сб. матер. II Междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2006», 24–28 апреля 2006 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2006. – Т. 6. – С. 82–85.
12. Системы оптической локации технологического контроля интегральных схем [Текст]: монография / М.Я. Воронин, И.Н. Карманов, М.М. Кузнецов, И.В. Лесных, А.В. Синельников; под общ. ред. М.Я. Воронина. – Новосибирск: СГГА, 2013. – 239с.

**Рецензенты:**

Носков М.Ф., д.т.н., профессор кафедры наносистем и оптотехники ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия», г. Новосибирск;

Айрапетян В.С., д.т.н., заведующий кафедрой специальных устройств и технологий ФГБОУ  
ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия», г. Новосибирск.