

ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАНОИНДУСТРИИ — РОССИЙСКИЕ СТАНКИ И ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ

MACHINE TOOLS AND MACHINING CENTERS FOR RUSSIAN NANOINDUSTRY

Д.Коростелев*, Д.Яминский*, И.Яминский*/yaminsky@nanoscopy.ru D.Korostelev*, D.Yaminsky*, I.Yaminsky*

Анализ российского и международного рынка станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и обрабатывающих центров показывает, что это оборудование имеет платежеобеспеченный спрос. Разработки российской компании "Центр перспективных технологий" – фрезерно-гравировальные станки с ЧПУ серии АТС, диагностический комплекс "Биодозатор" для 2D- и 3D-печати, а также станок с ЧПУ для обработки корундовой керамики – демонстрируют возможности креативного предпринимательства быстро адаптироваться к потребностям рынка и организовывать выпуск новой высокотехнологичной продукции.

The analysis of the Russian and international markets of machine tools with computer numerical control (CNC) and machining centers shows that this equipment has a stable effective demand. The innovations of Advanced Technologies Center, such as ATS series CNC milling and engraving machines, bioprinting diagnostic complex for 2D and 3D printing, and CNC Corundum Ceramics machining tool, demonstrate the capacity of artful entrepreneurship to adapt quickly to market needs and to organize the production of new high-tech products.

а последние 40 лет в России не было запущено ни одного нового отечественного завода по производству механообрабатывающего оборудования. Единственное за этот период новое предприятие открыто немецко-японским концерном DMG Mori Seiki 18 июня 2014 года на территории промышленной зоны "Заволжье" в Ульяновске. Завод начал выпуск двух моделей с ЧПУ: универсальных токарных станков и вертикально-фрезерных обрабатывающих центров, апробированных ранее в Германии. При этом, по данным DMG Mori Seiki, спрос на станки в России в последние годы стабильно растет. Эту информацию подтверждает и японский концерн Sodick, мировой лидер по производству электро-искровых станков. C Sodick в России уже давно установлена плодотворная кооперация в области обучения студентов, аспирантов и молодых специалистов. Например, успешное выполнение образовательной программы "НаноТокарь" стало возможным благодаря энергичной поддержке со стороны российского представительства концерна [1].

РЫНОК

Доля машиностроения в объеме промышленного производства в России оценивается в 19,5%.

Для сравнения: доля станкостроения в объеме машиностроения в Германии, Японии, США и других развитых странах составляет от 39 до 45%. Еще в 1990 году СССР занимал третье место в мире по производству и второе - по потреблению механообрабатывающего оборудования. Сегодня Россия находится по этим показателям соответственно на 22-м и 17-м местах. Начиная с 2002 года импорт механообрабатывающего оборудования превышает его внутреннее производство. Зависимость России от поставок станков из-за рубежа составила в 2006 году 87%. В настоящее время производство станков и оборудования в 14,5 раза меньше, чем в РСФСР в 1990 году. В структуре мирового рынка станков доля нашей страны составляет 0,3%. На основе данных показателей можно сделать выводы, что ниша производства обрабатывающих центров и средств автоматизации в России не занята, а конкуренция среди отечественных производителей практически отсутствует.

На диаграмме, представленной на рис.1, отображено внутреннее потребление станкостроительного оборудования в России. В 2014 году объем рынка составил 130 млрд. рублей. Мы прогнозируем ежегодный его рост на 15%.

[°] Центр перспективных технологий, МГУ им. М.В.Ломоносова / Advanced Technologies Center, Lomonosov Moscow State University.

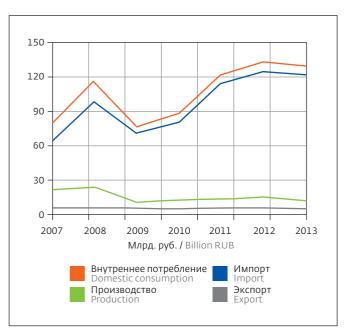


Рис.1. Динамика рынка станкостроения в России в 2007–2013 годах (по данным Минпромторга)

Fig.1. Machine tools market in Russia in 2007–2013 (according to the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation)

В сегменте недорогого оборудования основные конкуренты отечественным компаниям – производители из КНР, которые занимают около 35% российского рынка обрабатывающего оборудования низшего ценового

сегмента (стоимостью до 2 млн. рублей). В дорогом сегменте лидирует Япония, доля которой составляет около 14%, далее идут Швеция, Тайвань, США и Германия.

Объем платежеспособного спроса можно оценить с помощью данных российской поисковой системы Яндекс. Статистика запросов на конкретную номенклатуру станков из wordstat.yandex.ru приведена на рис.2. На основании запросов в поисковых системах можно сделать выводы о стабильном спросе на внутреннем рынке. Высоко оценивается и возможность выхода российского оборудования на рынки стран СНГ, где отсутствует собственное производство станков.

На рис. 3 приведены данные Минпромторга об импорте и производстве станков в 2012 году.

ФРЕЗЕРНО-ГРАВИРОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ С ЧПУ

В 2014 году "Центр перспективных технологий" разработал серию фрезерно-гравировальных станков с ЧПУ, включающую модели АТС-400, АТС-3000, АТС-6000 и АТС-8000, и продал более 30 станков разных модификаций. На данный момент на базе программного обеспечения для управления сканирующими зондовыми микроскопами завершена разработка ПО для автоматизированных программных станций.

Фрезерно-гравировальный станок портального типа с ЧПУ применяется для 2D-, 2,5D-и 3D-фрезерной обработки любых пород дерева,

n the past 40 years, Russia has not launched a single new Ldomestic plant for manufacturing machining equipment. The only new enterprise of this period was the German-Japanese Group DMG Mori Seiki launched on 18 June 2014 on the territory of the industrial zone Zavolzhye in Ulyanovsk. The plant began manufacturing two CNC machines: multipurpose turning machines and vertical milling machining centers, previously tested in Germany. According to DMG Mori Seiki, the demand for machine tools has been growing steadily in Russia in recent years. This information is confirmed by the Japanese Group Sodick, which

is a world leader in the production of electric-spark machines. Russia has long had fruitful cooperation with Sodick in the field of training undergraduate and graduate students and young professionals. For example, the successful implementation of the educational program called NanoTurner became possible thanks to the high support by the Russian representative office of the Group [1].

THE MARKET

The share of machine building in the industrial manufacture of Russia is estimated at 19,5%. For comparison: the share of machine building in

the mechanical manufacture of Germany, Japan, the USA and other developed countries ranges from 39 to 45%. Back in 1990, the USSR ranked third in the world for the production and second for the consumption of machining equipment. Today, these indicators of Russia are respectively the 22nd and 17th places. The import of machining equipment has been higher that the domestic production since 2002. Russia's dependence on the supply of machine tools from abroad amounted to 87% in 2006. The current manufacture of machines and equipment is 14,5 times less than in the Soviet Russia of 1990. The market share of our country

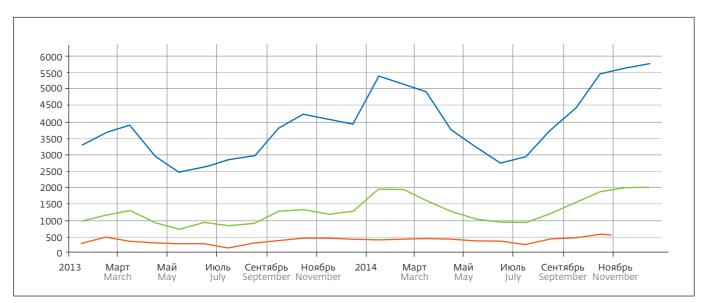


Рис.2. Динамика запросов в поисковой системе Яндекс по ключевым фразам "купить станок ЧПУ" (синий график), "купить токарный станок ЧПУ" (красный график), "купить фрезерный станок ЧПУ" (зеленый график)

Fig.2. Frequency of search phrases "to buy CNC machine" (blue chart), "to buy CNC lathe" (red chart), "to buy CNC milling machine" (green chart) in the Yandex search engine

композитов из дерева, всех видов пластиков, мягких металлов и сплавов (например, алюминия и дюралюминия).

Основные особенности обрабатывающего центра целесообразно рассмотреть на базе фрезерно-гравировального станка с ЧПУ АТС 3000 (рис.4):

• высота пролета портала 200 мм позволяет обрабатывать габаритные заготовки, в том числе,

- изделия в сборе (например, для гравирования маркировки), а также дает возможность установки четвертой оси;
- по оси Z предусмотрен ход шпинделя за пределы зоны обработки с запасом на фрезу (70 мм) и холостые ходы (10 мм), что обеспечивает удобство замены фрез;
- используются четыре привода, два из которых несут портал станка (сдвоенная ось Y).

in the structure of the world's machine building is 0,3%. Based on these indicators, we can conclude that the manufacturing niche of machining centers and automation in Russia is free, and the competition among domestic manufacturers is almost nonexistent.

The chart in fig.1 shows the domestic consumption of machine-building equipment in Russia. In 2014, the market volume amounted to 130 billion rubles. We forecast the annual growth of 15%.

In the segment of inexpensive equipment, the main competitors

of the domestic companies are Chinese producers, who occupy about 35% of the Russian market of machining equipment of the lower price segment (the cost of which is below 2 million rubles). In the expensive segment, the leader is Japan, whose share is about 14%, followed by Sweden, Taiwan, the USA and Germany.

The effective demand can be estimated using the data from the Russian Yandex search engine. The query statistics for a specific range of machines from wordstat.yandex.ru is shown in fig.2. Analyzing the queries in the search engines, we can

conclude that the demand is stable in the domestic market. Specialists highly appreciate the possibility for Russian equipment to enter the markets of the CIS countries that do not have their own manufacture of machines.

Fig.3 shows the Industry and Trade Ministry's data of imports and manufacture of machine tools in 2012.

CNC MILLING AND ENGRAVING MACHINES

In 2014, the Advanced Technologies Center developed a series of CNC milling and engraving machines, which

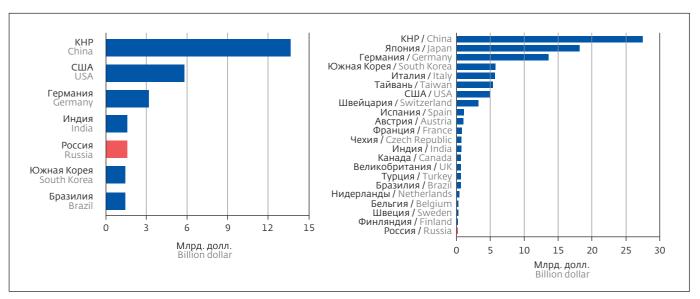


Рис.3. Импорт металлообрабатывающего оборудования в ведущих индустриальных странах (слева) и производство металлообрабатывающего оборудования (справа). Данные Минпромторга, 2012 год

Fig.3. Imports of metalworking machinery in the leading industrial countries (left) and the production of the metalworking machinery (right). Source: Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation, 2012

Благодаря этому повышена жесткость конструкции и возможна автоюстировка портала на перпендикулярность осей;

- шпиндель с водяным охлаждением обеспечивает низкий шум при работе, малый разброс (так как отсутствует воздушный поток) мелких продуктов обработки даже без применения насадки аспирации, что важно при использовании четвертой оси;
- зубчатые рейки с классом точности С7 более устойчивы к пыли, чем шарико-винтовая передача;
- вместо шаговых двигателей по всем осям установлены бесщеточные сервоприводы.

3D-обрабатывающие станки ATC уже работают на производстве. Следующий шаг - создание полнофункциональных цифровых станков для обработки всего спектра конструкционных

comprise the models ATC-400, ATC-3000, ATC-6000 and ATC-8000, and sold more than 30 machines with various modifications. To date, software has been developed for automated stations based on scanning probe microscope software.

A milling and engraving machine with a CNC portal is used for 2D, 2,5D and 3D milling on all types of wood, composites of wood, all types of plastic, soft metals and alloys (e.g., aluminum, and duralumin).

It would be appropriate to review the main characteristics of the machining center looking at the CNC milling and engraving machine ATC 3000 (fig.4):

- the 200 mm height of the portal allows processing large work pieces, including assembled items (e.g. sign engraving) and provides the possibility of installing a fourth axis;
- the Z-axis is used for the spindle to move outside the processed area with the cutter margin of 70 mm and idle motion of 10 mm for easy replacement of cutters;
- the machine has four drives, two of which are connected to the portal of the machine (dual Y-axis). This helps to make the

- structure more rigid and to ensure automatic adjustment of the portal for perpendicular axes;
- the spindle with water cooling has low noise operation, low dispersion of small processed products (as there is no air flow) even without using suction nozzles, which is important when using the fourth axis;
- the C7 class precision gear racks are more resistant to dust than ball and screw joint transmission systems;
- brushless servo-drives are installed on all axes instead of stepper motors.



Рис.4. Механическая система фрезерно-гравировального станка с ЧПУ ATC-3000

Fig.4. The mechanics of CNC milling-engraving machine ATC-3000

материалов, в том числе стали, чугуна и титана. При этом "Центр перспективных технологий" уделяет особое внимание ускоренной разработке новых модификаций цифровых станков и роботизированных центров. При использовании созданной программно-аппаратной платформы проведена разработка систем перемещения и управления для ряда других высокотехнологичных приложений, в числе которых биодозатор для 2D-и 3D-печати, а также станок с ЧПУ для обработки корундовой керамики.

БИОДОЗАТОР ДЛЯ 2D- И 3D-ПЕЧАТИ

Биодозатор для 2D-печати позволяет наносить заданные количества биоматериала на плоские носители – многолуночные планшеты. Он используется в производстве биочипов для фотометрических биосенсоров на бактериальные и вирусные инфекции, а также может применяться для изготовления других типов биосенсоров, например, флуоресцентных. Биодозатор для 3D-печати позволяет строить биополимерные каркасные структуры для разработки биоимплантатов, а в перспективе – искусственных органов.

Биодозаторы построены на основе техники сканирующей ион-проводящей микроскопии с системой обратной связи и микро- и нанокапиллярами из кварца и стекла различных марок. Диаметр используемых капилляров находится в диапазоне от 10 нм (нанесение ферментов, белков, биомакромолекул) до десятков мкм (нанесение живых клеток). Точность позиционирования

3D ATC processing machines are already used in the industry. The next step is to create fully functional computerized machines for the processing all types of construction materials, including steel, cast iron and titanium. The Advanced Technologies Center pays special attention to the accelerated development of new versions of digital machine tools and robotic centers. Based on the created software and hardware, the innovators developed motion and control systems for a number of other high-tech appliances, including the 2D and 3D bioprinting diagnostic complex,

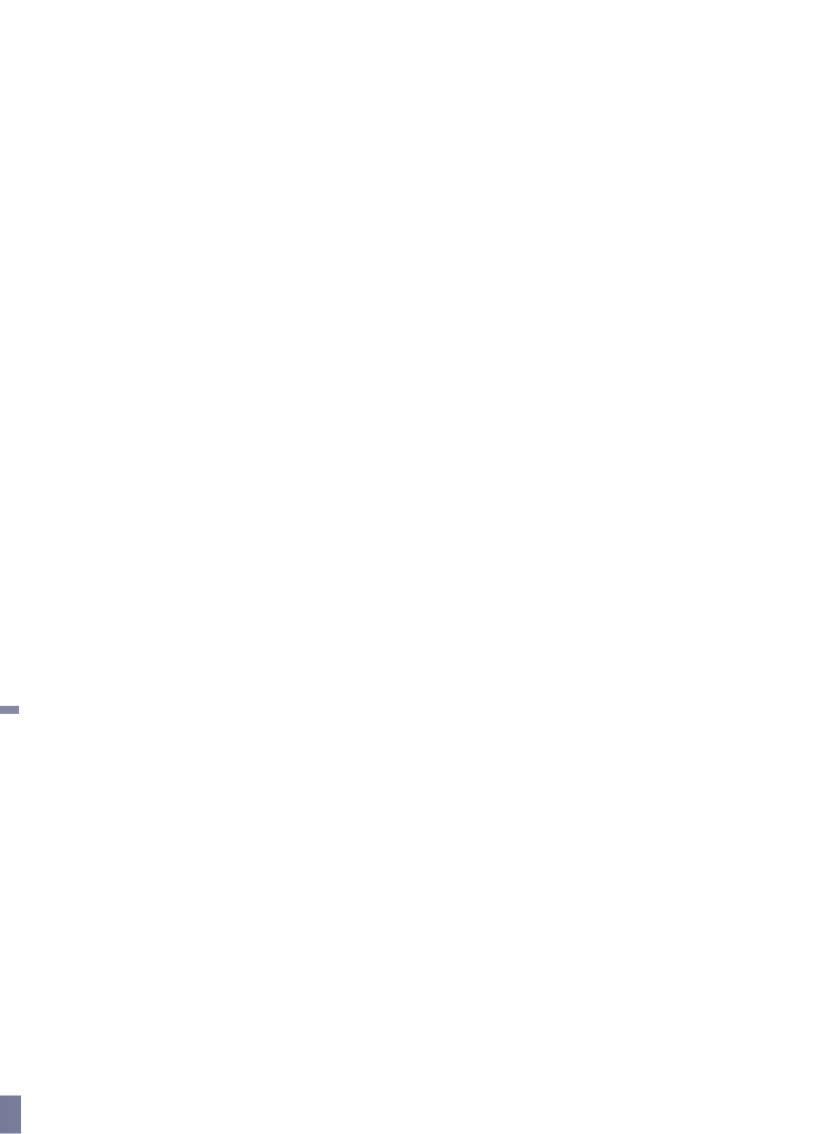
and a CNC machine for corundum ceramics machining.

2D AND 3D BIOPRINTING DIAGNOSTIC COMPLEX

A bio-dispenser for 2D printing is used to apply a certain amount of biological material on a flat media, such as multicup plates. It is used in the manufacture of biochips for photometric biosensors for bacterial and viral infections, and it may be used for manufacture of other types of biosensors, such as fluorescent biosensors. The 2D and 3D bioprinting diagnostic complex is used to make biopolymer

structures for development of bioimplants, and in the future, for artificial organs.

Bio-dispensers are based on the technology of scanning ion-conductive microscopy with a feedback system and micro- and nanocapillaries of quartz and glass of different types. The diameter of the capillaries ranges from 10 nm (deposition of enzymes, proteins, biological macromolecules) to tens of microns (deposition of living cells). The positioning accuracy is 1–50 nm, depending on the type of the capillary and the operating range of deposition ranges from $10 \times 10 \ \mu m^2$ to $10 \times 10 \ mm^2$.



составляет 1–50 нм в зависимости от типа капилляра, рабочая область нанесения – от 10×10 мкм² до 10×10 мм².

СТАНОК С ЧПУ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОРУНДОВОЙ КЕРАМИКИ

Корундовая керамика является одной из кристаллических модификаций оксида алюминия α -Al₂O₃, обладающего высокими электрическими, механическими и тепловыми свойствами. Одна из разновидностей корундовой керамики - поликор. Эта прозрачная керамика характеризуется высоким коэффициентом пропускания света, хорошими электрическими и механическими характеристиками. Поликор содержит 99,7-99,9% Al_2O_3 и 0,3-0,2% окиси магния. В отличие от обычной корундовой керамики поликор прозрачен, поэтому из него изготавливают колбы для некоторых специальных источников света. Поликор имеет особо высокую термостойкость и сохраняет электрические характеристики до температуры 400°C, механические - до 1600°C. Благодаря высокой плотности 3,97 г/см³, практически равной плотности Al₂O₃, можно обеспечить высокую чистоту обработки поверхности.

Производство и обработка поликора требуют особого подхода, так как этот материал очень важен для огромной страны с высокотехнологичной оборонной системой. В основу автоматической линии положены ряд инновационных решений, которые сопряжены друг с другом и заменяют множество ручных операций.

Технологический процесс включает следующие операции:

- автоматическая полировка на чугуне (абразив алмазная паста);
- автоматическая полировка на текстолите (абразив алмазная паста);
- автоматическая предварительная промывка изделий от продуктов полировки;
- автоматическое позиционирование заготовок для контурной обрезки лазером;
- обрезка в размер по контуру лазером;
- автоматическая передача изделий в промывку от загрязнений и осадков после лазерной обработки;
- промывка после лазерной обработки в кавитационной среде;
- предварительная сушка;
- финишная сушка;
- проверка (зондовое сканирование) на предмет брака;
- автоматическая отбраковка;
- нанесение защитной пленки для исключения касания поверхности готового изделия руками.

Станция оснащена 12 микроконтроллерами, а синхронизацию и анализ данных проводит ядро программного обеспечения, которое включает удобную интерфейсную часть.

УНИКАЛЬНЫЕ РАЗРАБОТКИ

Разработанный уникальный программноаппаратный комплекс для управления прецизионными системами сканирования

CNC MACHINE FOR PROCESSING CORUNDUM CERAMICS

Corundum ceramics is one of crystalline modifications of aluminum oxide α -Al₂O₃ having high electrical, mechanical and thermal properties. One of the varieties of corundum ceramics is called polycore. It is transparent ceramics characterized by high light transmission coefficient and good electrical and mechanical characteristics. Polycore contains 99.7-99,9% of Al₂O₃ and 0,3% to 0,2% of magnesium oxide. Unlike conventional corundum ceramics, polycore is transparent, so it is used to make bulbs for special sources of light. Polycore has a particularly high heat resistance and preserves its electrical properties to a temperature of 400°C, its mechanical properties to 1600°C. Due to the high density of 3,97 g/cm³, which is almost equal to the density of Al₂O₃, it is possible to have a high quality surface finishing.

Production and processing of polycore require a special approach, because this material is very important for a huge country with a high-tech defense system. The automatic line is based on a number of interlinked innovative solutions, which replace many manual operations.

The technological process includes the following operations:

- automated polishing of cast iron (diamond paste abrasive);
- automated polishing of plastic composite (diamond paste abrasive);
- automated pre-washing of items from polishing products;
- automated positioning of the work pieces for laser contour cutting;
- contour cutting with laser;
- automated transfer of products to the washing from dirt and sediments after laser processing;
- washing after laser processing in cavitation media;

EQUIPMENT FOR NANOINDUSTRY



и позиционирования защищен свидетельствами на программы для ЭВМ [2-4]. В программах реализованы технические решения с применением FPGA-контроллеров и высокоточных цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей, интеллектуальные режимы сканирования, которые учитывают инерционность и механические резонансы подвижных сканирующих систем. Также эти алгоритмы позволяют линеаризовать перемещение зондов и обрабатывающего инструмента с использованием реперных метрологических линеек.

Для обеспечения высоких метрологических параметров авторами выпускается система калибровочных эталонов для измерений расстояний в субмикронном диапазоне. Калибровочные эталоны позволяют осуществлять поверку систем позиционирования и сканирования по всем координатам. Оригинальные решения защищены патентами [5-7].

Многофункциональный сканирующий зондовый микроскоп "ФемтоСкан", который стал прототипом для перечисленных выше комплексов, внесен в реестр средств измерений Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (свидетельство RU.C.27.004.F # 27293 от 3 августа 2012 года). Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июля 2012 года № 539.

"Центр перспективных технологий" стал одним из первых участников программы

"Наносертифика" корпорации "Роснано". В рамках предприятия имеется испытательный центр нанотехнологий и продукции наноиндустрии, который полностью соответствует требованиям Системы добровольной сертификации продукции наноиндустрии.

Развитие обрабатывающих центров будет происходить по пути разработки систем с числовым программным обеспечением и многофункциональных роботизированных систем. Большая часть работы приходится на создание программно-аппаратных средств. При этом успех индустрии в целом требует системной подготовки кадров высокой квалификации. В новых условиях токарь и фрезеровщик становится программистом, материаловедом, инженером и конструктором в одном лице. Все серьезные производители обрабатывающих центров систематическим образом участвуют в подготовке кадров, организации образовательных и учебных программ. Для этих целей при поддержке Правительства Москвы организован Центр молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) "Нанотехнологии", в рамках программ которого можно получить начальную информацию о различных станках с ЧПУ, обрабатывающих центрах и пройти углубленную подготовку к новой специальности. Информация об образовательных программах ЦМИТ предоставлена в печати [8-12] и в Интернете на порталах www.ATCindustry.ru, www.startinnovation.com, www.nanoscopy.ru.

Мы приглашаем вас к сотрудничеству!

- pre-drying;
- finish drying;
- defect verification (probe scan);
- automated rejection of defective items;
- placing protective tape to avoid touching the surface of the finished product by hand.

The workstation is equipped with 12 microcontrollers, whereas synchronization and data analysis is conducted by the software core, which has a convenient interface.

UNIQUE INNOVATIONS

The newly created unique hardware and software complex for

control of precision systems of scanning and positioning is protected by software certificates [2-4]. The applications comprise technical solutions using FPGA controllers and high-precision digital-to-analog and analog-todigital converters, intelligent scanning modes, which take into account the inertia and mechanical resonances of mobile scanning systems. Besides, these algorithms are used to linearize the movement of probes and machining tools using metrological reference lines.

To ensure the effectiveness of high metrological parameters, the authors have produced a system of calibration standards for measurement of distances in a sub-micrometer range. The calibration standards are used for calibration of positioning systems and scanning in all coordinates. The original solutions are protected by patents [5-7].

Multifunctional scanning probe microscope FemtoScan, which served as a prototype for the above-described complexes, is recorded in the Register of Measuring Instruments of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (Certificate RU.C.27,004.F # 27293)



ЛИТЕРАТУРА

- 1. Яминский И., Ерофеев А., Киселев Г., Колесов Д., Протопопова А. Нанотокарь это серьезно // Наноиндустрия. 2011. № 4(28). С. 52–55.
- 2. Савинов С.В., Яминский И.В., Мешков Г.Б. Программа логического контроллера системы сбора-распределения данных ФемтоСкан X для научных исследований и промышленного применения (Контроллер ФемтоСкан X). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013617738, 22 августа 2013 г. Заявка № 2013614905 от 18 июня 2013 г.
- 3. Савинов С.В., Яминский И.В., Мешков Г.Б. Программа встраиваемого процессора сканирующего зондового микроскопа ФемтоСкан X (Процессор ФемтоСкан X). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013617739, 22 августа 2013 г. Заявка № 2013614907 от 18 июня 2013 г.
- 4. Савинов С.В., Яминский И.В., Мешков Г.Б. Программа пользовательского интерфейса сканирующего зондового микроскопа ФемтоСкан X (Интерфейс ФемтоСкан X). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013617448, 14 августа 2013 г. Заявка № 2013614902 от 18 июня 2013 г.
- Мешков Г.Б., Яминский Д.И., Яминский И.В. Калибровочный эталон для профилометров и сканирующих зондовых микроскопов. Патент на изобретение № 2538029, опубликовано 10.01.2015, Бюл. № 1. Заявка

- на изобретение № 2013130175/28(044940) от 03.07.2013.
- 6. **Мешков Г.Б., Яминский Д.И., Яминский И.В., Оленин А.В.** Калибровочный эталон для профилометров и сканирующих зондовых микроскопов. Патент на изобретение № 2538024, опубликовано 10.01.2015, Бюл. № 1. Заявка на изобретение № 2013130176/28(044943) от 03.07.2013.
- 7. **Яминский Д.И.**, **Яминский И.В.** Калибровочный эталон для профилометров и сканирующих зондовых микроскопов. Патент на изобретение № 2386989, 20.04.2010, Бюл. № 11. Заявка № 2007111324 от 10.10.2008.
- 8. **Мешков Г., Синицына О., Яминский Д., Яминский И.** Центр молодежного инновационного творчества "Нанотехнологии": конкурсы объявлены // Наноиндустрия. 2014. № 7(50). С. 50–54.
- 9. **Яминский И., Мешков Г..** Центр молодежного инновационного творчества "Нанотехнологии" // Наноиндустрия. 2014. № 4(50). С. 60–66.
- 10. **Яминский И.** ЦМИТ "Нанотехнологии": первые шаги // Наноиндустрия. 2014. № 6(52). С. 44-48.
- 11. **Федосеев А., Яминский И.** Неделя инноваций в Москве: 2-я Всероссийская конференция ЦМИТ "Коммерциализация креативности" и открытие ЦМИТ "Нанотехнологии" // Наноиндустрия. 2014. № 8(54). С. 32–40.
- 12. **Коростелев Д., Яминский Д., Яминский И.** Обрабатывающие центры для наноиндустрии // Наноиндустрия. 2015. № 8(55). C. 64-70.

dated 3 August 2012). This type of measuring instruments was approved by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated 27 July 2012, No. 539.

The Advanced Technologies Center became one of the first participants in the program Nanosertifika of Rusnano Corporation. The organization has a test center for nanotechnology products and nanotechnology, which fully complies with the requirements of the System of Voluntary Certification of Nanoindustry Products.

The development of the machining centers will be accomplished by developing systems with numerical software and multi-purpose robotic systems. Most of the work is related to the creation of software and hardware. For the industry to be successful, a system of training highly qualified personnel is needed. Under the new circumstances, a turner or a miller becomes a programmer, a material scientist, an engineer and a designer, all in one person. All major manufacturers of machining centers systematically participate in the arrangement

and implementation of educational and training programs. For these purposes, the Moscow Government provided support in organizing the Nanotechnology Youth Innovation Creativity Center (YICC), the curricula of which provide the basic information on the various CNC machines, machining centers, and provide in-depth training for the new profession. The educational programs of the YICC are advertised in mass media [8-12] and on the Internet sites www.ATCindustry.ru, www.startinnovation.com, www.nanoscopy.ru

We invite you to cooperation! ■

