

РОССИЙСКОЙ ИНДУСТРИИ – РОССИЙСКИЕ СТАНКИ И ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ

Д.А. Коростелев, дир. по пр-ву, вед. констр. ООО НПП «Центр перспективных технологий», инж. МГУ им. М.В. Ломоносова, korostelev@ATCindustry.ru

Д.И. Яминский, дир. по развитию ООО НПП «Центр перспективных технологий», инж. МГУ им. М.В. Ломоносова, dyaminsky@ATCindustry.ru

И.В. Яминский, ген. дир. ООО НПП «Центр перспективных технологий», проф. МГУ им. М.В. Ломоносова, yaminsky@ATCindustry.ru

Проведен анализ состояния российского и международного рынка станков с числовым программным управлением и обрабатывающих центров. На основе проведенного анализа показано, что станки и обрабатывающие центры имеют платеже обеспеченный спрос. Приведено описание российских фрезерно-гравировальных станков с ЧПУ серии АТС производства компании Центр перспективных технологий. Представлена информация о инновационных решениях в области механообработки и диагностики материалов: фрезерно-гравировальном станке с ЧПУ АТС 3000, диагностическом комплексе Биодозатор для 2D и 3D печати, станке с ЧПУ для обработки корундовой керамики.

Ключевые слова: механообработка, станки с числовым программным обеспечением, обрабатывающие центры, фрезерно-гравировальные станки, центры молодежного инновационного творчества.

RUSSIAN MACHINES AND MACHINING CENTRES – FOR RUSSIAN INDUSTRY

D.A. Korostelev, Production Director, Leading Researcher, OJSC SPE «Advanced Technologies Centre», Engineer, M.V. Lomonosov MSU, korostelev@ATCindustry.ru

D.I. Yaminsky, Development Director, OJSC SPE «Advanced Technologies Centre», Engineer, M.V. Lomonosov MSU, dyaminsky@ATCindustry.ru

I.V. Yaminsky, Director General, OJSC SPE «Advanced Technologies Centre», Professor, M.V. Lomonosov MSU, yaminsky@ATCindustry.ru

The article analyzes the Russian and international market of machine tools with CNC and machining centers. The analysis shows that machines and machining centers are secured payment demand. The article presents the description of the Russian engraving CNC machine Series PBX manufactured by Advanced Technologies Center. It also gives the information on these innovative solutions in the field of machining and diagnostic materials: milling and engraving machines, CNC ATS 3000 Bio-dispenser, diagnostic complex for 2D and 3D printing, CNC machines for processing alumina ceramics. This example demonstrates the unique capabilities of the Russian creative businesses to adapt quickly to the needs of the market and to the rapid release of new high-tech products.

Keywords: machining, machine tools with numerical software, machining centers, milling and engraving machines, centers of innovative youth work.

За последние 40 лет в России не было запущено ни одного нового российского завода по производству станков и обрабатывающих центров. Единственное за это время предприятие было открыто немецко-японским концерном DMG Mori Seiki 18 июня 2014 г. на территории промышленной зоны «Заволжье» в Ульяновске для выпуска станков с числовым программным управлением. Завод начал выпуск двух моделей – универсальных токарных станков СТХ 310 Ecoline и вертикально-фрезерных обрабатывающих центров DMC 635 V Ecoline –

апробированных и выпускаемых ранее в Германии. По данным компании DMG Mori Seiki спрос на станки в России стабильно растет в последние годы. Эти данные также подтверждает японский концерн, мировой лидер по производству электроискровых станков Sodick. С компанией Sodick в России уже давно установлена плодотворная кооперация в области обучения студентов, аспирантов и молодых сотрудников. Например, успешное выполнение образовательной программы «НаноТокарь» стало возможным благодаря энергичной поддержке со стороны российского представительства концерна Sodick [1].

Доля машиностроения в объеме промышленного производства составляет в России 19,5%. Для сравнения: этот показатель в Германии, Японии, США и др. развитых странах составляет от 39 до 45% (доля станкостроения в объеме отрасли машиностроения). Еще в 1990 г. 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 г., импорт механообрабатывающего оборудования превышает его внутреннее производство. Зависимость России от поставок станков из-за рубежа составила в 2006 г. 87%. Текущее производство станков и оборудования – в 14,5 раза меньше, чем в РСФСР за 1990 г. В структуре мирового рынка станков Россия имеет долю 0,3%.

На основе данных показателей можно сделать выводы, что ниша производства обрабатывающих центров и средств автоматизации в РФ не занята, конкуренция среди отечественных производителей практически отсутствует.

На диаграмме ниже (рис. 1) видно внутреннее потребление станкостроительного оборудования в России. В 2014 г. объем рынка составил 130 000 000 руб.

В сегменте недорогих производителей основные конкуренты российским компаниям – производители КНР. В Российской Федерации китайские производители занимают около 35% от всего рынка обрабатывающего оборудования низшего ценового сегмента (стоимостью до 2 000 000 руб.). В дорогом сегменте лидирует Япония, которая занимает около 14%. Далее идут Швеция, Тайвань, США, Германия.

Объем платежеспособного спроса можно оценить с помощью данных российской поисковой системы Яндекс.

Ниже приведена статистика запросов на конкретную номенклатуру станков из wordstat.yandex.ru (рис. 2).



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

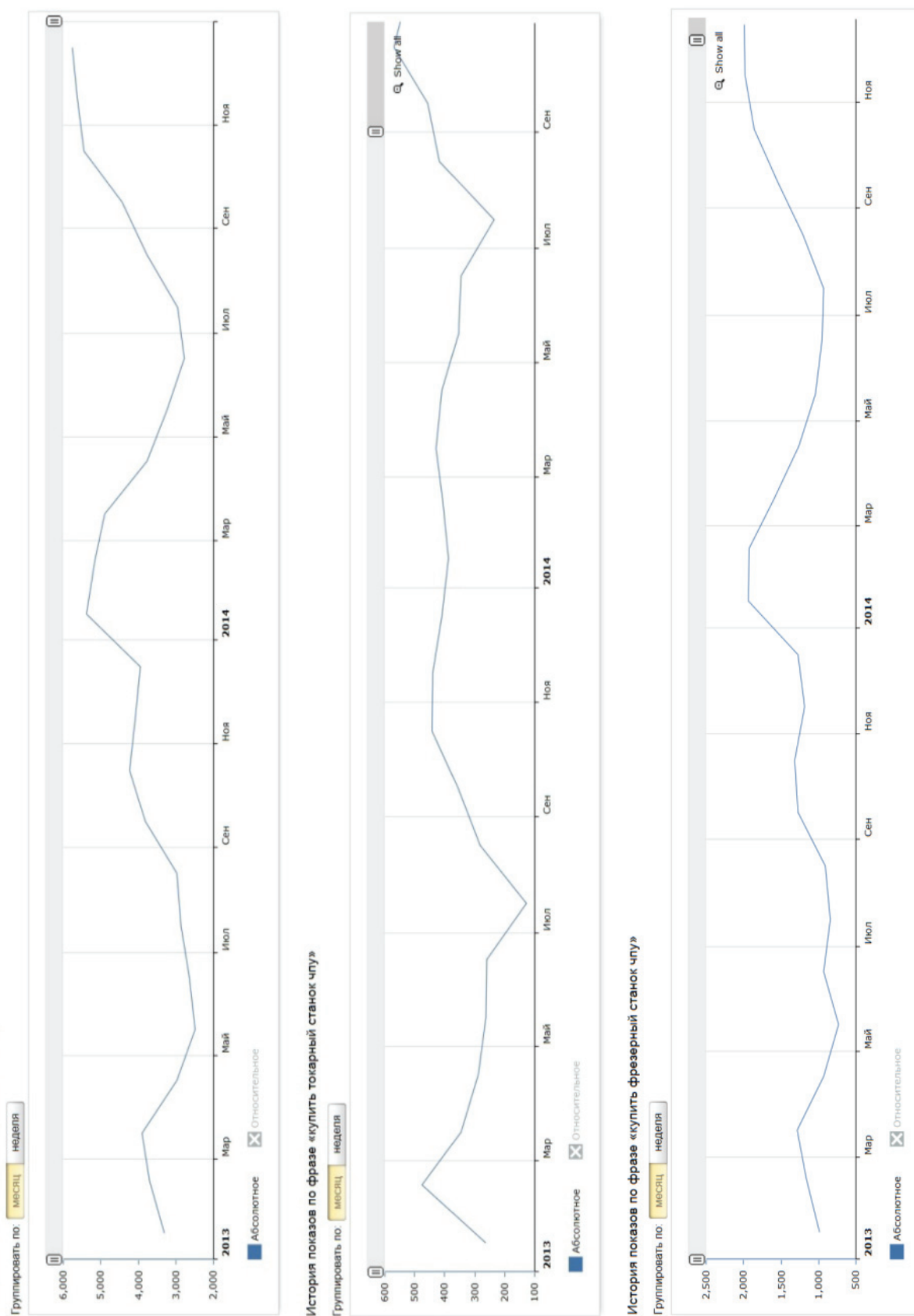


Рис. 2. Динамика запросов в поисковой системе Яндекс по ключевым фразам «купить станок ЧПУ» (верхняя диаграмма), «купить токарный станок ЧПУ» (средняя диаграмма), «купить фрезерный станок ЧПУ» (нижняя диаграмма)

На основании запросов в поисковых системах можно сделать выводы о стабильном спросе на рынке РФ.

В настоящее время мы прогнозируем ежегодный рост рынка – 15%. Ниже приведены данные Минпромторга по импорту и производству станков на 2012 г. (рис. 3).

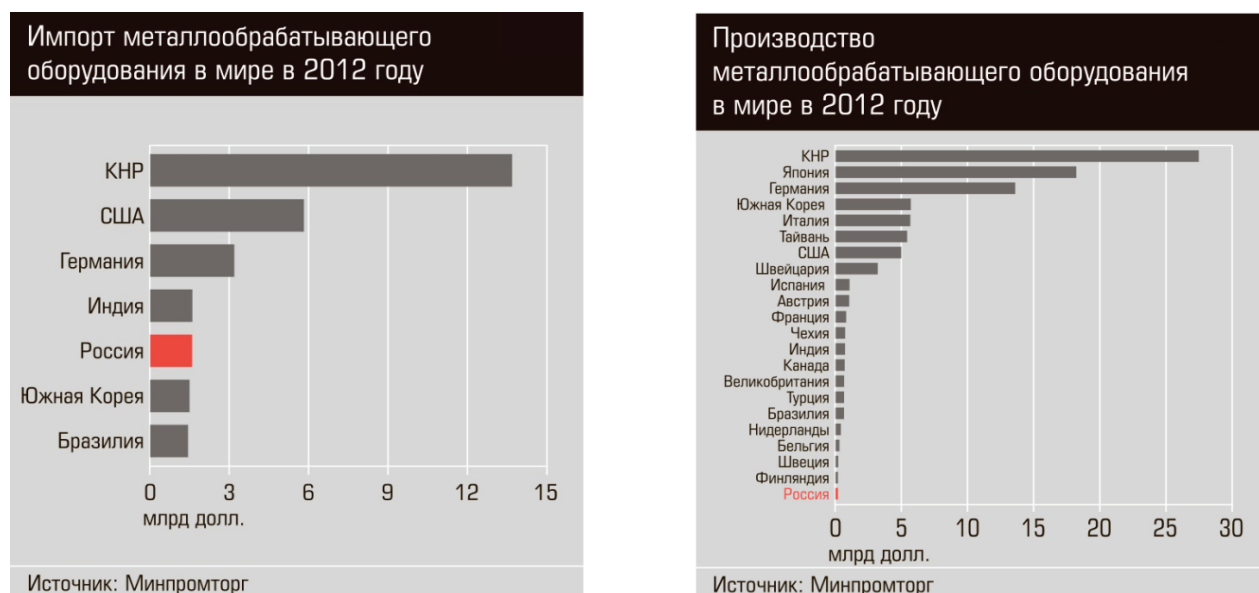


Рис. 3. Диаграмма импорта металлообрабатывающего оборудования в ведущих индустриальных странах (слева); диаграмма производства металлообрабатывающего оборудования основных стран-производителей (справа). Данные Минпромторга, 2012 г.

На данный момент завершена разработка программного обеспечения для управления автоматизированными программными станциями. Эта разработка выполнена на базе имеющегося программного обеспечения, созданного для управления сканирующими зондовыми микроскопами.

За 2014 г. в Центре перспективных технологий разработана серия фрезерно-гравировальных станков с числовым программным управлением: АТС 1200, АТС 3000, АТС 8000 и было продано более 30 станков новых модификаций.

Трех-пяти координатный фрезерно-гравировальный обрабатывающий центр портального типа с числовым программным управлением (ЧПУ) применяется для 2D-, 2.5D- и 3D-фрезерной обработки любых пород дерева, композитов из дерева, всех видов пластиков, мягких металлов и сплавов, например, алюминия и дюралюминия.

Основные характеристики обрабатывающего центра можно рассмотреть на базе конструкции 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), благодаря этому повышена жесткость конструкции и возможна автоюстировка портала на перпендикулярность осей;

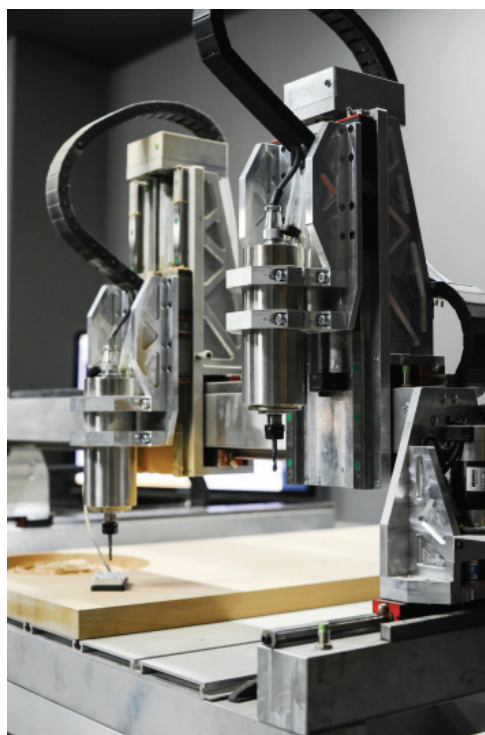


Рис. 4. Фотография механической системы фрезерно-гравировального станка с ЧПУ АТС-3000

– применение шпинделя 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;

– применение зубчатых реек с классом точности $C7$, более устойчивых к пыли, чем шарико-винтовая передача;

– бесщеточные сервоприводы вместо шаговых двигателей по всем осям.

3D-обрабатывающие центры АТС уже работают на производстве. Наш следующий шаг – создание полнофункциональных цифровых станков для обработки всего спектра конструкционных материалов, в том числе стали, чугуна, титана и пр.

Особое внимание в Центре перспективных технологий уделяется ускоренному созданию новых модификаций цифровых обрабатывающих станков и роботизированных обрабатывающих центров.

Используя имеющуюся программно-аппаратную платформу обрабатывающего центра, проведена разработка систем перемещения и управления для ряда других высокотехнологичных приложений. Два из них – биодозатор для 2D и 3D печати, а также станок с ЧПУ для обработки корундовой керамики. Технические параметры этих высокотехнологических программно-аппаратных комплексов приведены ниже.

Биодозатор для 2D печати позволяет осуществлять дозированное нанесение биоматериала на плоские носители (многолуночные планшеты) для биосенсорных приложений. Он используется для изготовления биочипов для фотометрических биосенсоров на бактериальные и вирусные инфекции. Его можно применять также для изготовления других типов биосенсоров, например, флуоресцентных.

Биодозатор для 3D печати позволяет осуществлять построение биополимерных каркасных структур для разработки биоимплантатов и в перспективе искусственных органов.

Биодозаторы построены на основе техники сканирующей ион-проводящей микроскопии и используют систему обратной связи и микро- и нанокапилляры 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 – 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 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, обладающего высокими электрическими, механическими и тепловыми свойствами. К разновидностям корундовой керамики относят поликор. Беспористая прозрачная керамика поликор имеет высокое значение коэффициента пропускания света, электрических и механических характеристик. 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 его применяют для изготовления колб некоторых специальных источников света. Поликор проявляет особо высокую термостойкость и сохраняет электрические характеристики до температуры 400 °С, механические – до 1600 °С. Благодаря высокой плотности 3,97 г/см³, практически равной плотности Al_2O_3 можно обеспечить высокую чистоту обработки поверхности.

Такой сложный материал как поликор требует инновационного подхода решений технологий обработки и производства потому как очень важен для страны с высокотехнологичной оборонной промышленностью.

В основу разработки автоматической линии для обработки поликора лег ряд инновационных решений. Эти решения в свою очередь сопряжены друг с другом и являются по сути целым звеном производства, которые заменяют множество ручных операций.

Производственная станция разработана с алгоритмом работы по следующим операциям.

1. Автоматическая полировка на чугуне 1 стадия (абразив алмазная паста).
2. Автоматическая полировка на текстолите 2 стадия (абразив алмазная паста).
3. Автоматическая предварительная промывка изделий от продуктов полировки.
4. Автоматическое позиционирование заготовок для контурной обрезки лазером.
5. Обрезка в размер по контуру лазером.
6. Автоматическая передача изделий в промывку от загрязнений и осадков после лазерной обработки.
7. Промывка после лазерной обработки в кавитационной среде.
8. Предварительная сушка.
9. Финишная сушка.
10. Контроль качества (зондовое сканирование).
11. Автоматическая отбраковка.
12. Нанесение защитной пленки (имеется ввиду техническая прокладка пленки для исключения возможности касания поверхности готового изделия руками).

Станция работает на 12 микроконтроллерах, а синхронизацию и анализ данных проводит ядро программного обеспечения, которое включает удобную интерфейсную часть.

Разработанный уникальный программно-аппаратный комплекс для управления прецизионными системами сканирования и позиционирования защищен следующими Свидетельствами на программы для ЭВМ:

1. С.В. Савинов, И.В. Яминский, Г.Б. Мешков. 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.

2. С.В. Савинов, И.В. Яминский, Г.Б. Мешков. Программа встраиваемого процессора сканирующего зондового микроскопа ФемтоСкан X (Процессор ФемтоСкан X). Свидетель-

ство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013617739, 22 августа 2013 г. Заявка № 2013614907 от 18 июня 2013 г.

3. С.В. Савинов, И.В. Яминский, Г.Б. Мешков. 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.

В разработанных компанией 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 систем сканирования. Также эти алгоритмы позволяют линеаризовать перемещение зондов и обрабатываемого инструмента с использованием реперных метрологических линеек.

Для обеспечения высоких метрологических параметров нами разработана и произведена система калибровочных эталонов для проведения измерений в субмикронном диапазоне расстояний. Калибровочные эталоны позволяют осуществлять поверку систем позиционирования и сканирования по всем координатам. Оригинальные решения защищены следующими патентами:

1. 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 г., Бюл. № 1. Заявка на изобретение № 2013130175/28(044940) от 03.07.2013 г.

2. 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 г., Бюл. № 1. Заявка на изобретение № 2013130176/28(044943) от 03.07.2013 г.

3. Яминский Д.И., Яминский И.В. Калибровочный эталон для профилометров и сканирующих зондовых микроскопов. Патент на изобретение № 2386989, 20.04.2010 г., Бюл. № 11. Заявка № 2007111324 от 10.10.2008 г.

Многофункциональный сканирующий зондовый микроскоп ФемтоСкан, который стал прототипом для перечисленных выше комплексов, внесен в реестр средств измерений. Тип средств измерений Микроскоп сканирующий зондовый микроскоп ФемтоСкан утвержден Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, Свидетельство RU.C.27.004.F 27293 от 03 августа 2012 г. Тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 июля 2012 г. 2012 г. № 539.

Центр перспективных технологий стал одним из первых участников программы «Нано-сертифика» РОСНАНО. В рамках предприятия имеется испытательный центр нанотехнологий и продукции nanoиндустрии, который полностью соответствует требованиям Системы добровольной сертификации продукции nanoиндустрии (Аттестат признания компетентности испытательной лаборатории (центра) № 017, рег. № РОСС RU.B503.04НЖ00.77.04. 0015 от 19.06.2009 г., действителен до 14.05.2015 г., выдан Государственной корпорацией «Российская корпорация нанотехнологий»).

Развитие российской индустрии обрабатывающих центров будет происходить на основе систем с числовым программным обеспечением и многофункциональных роботизированных систем. Большая часть работы ложится на создание программно-аппаратных средств. При этом успех индустрии в целом в большой степени будет обеспечен при системной подготовке кадров высокой квалификации. В новых условиях современный 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. Нами для этих целей при поддержке Правительства Москвы организован Центр молодежного инновационного творчества «Нанотехнологии». В рамках программ этого Центра можно как получить началь-

ную информацию о различных станках с ЧПУ, обрабатывающих центрах, так и пройти углубленную подготовку к новой специальности. Об образовательных программах Центра информация предоставлена как в открытой печати [2–6], так и на информационных порталах в интернете – www.ATCindustry.ru, www.startinnovation.com, www.nanoscory.ru.

Приведенный пример демонстрирует уникальные возможности российского креативного предпринимательства быстро адаптироваться к потребностям рынка и приступить к выпуску новой высокотехнологичной продукции.

Статья подготовлена по результатам выполнения госзадания Минобрнауки России.

Список литературы

1. Яминский И., Ерофеев А., Киселев Г., Колесов Д., Протопопова А. Нанотокарь – это серьезно // *Наноиндустрия*, № 4(28), 52–55 (2011).
2. Мешков Г., Синицына О., Яминский Д., Яминский И. Центр молодежного инновационного творчества «Нанотехнологии»: конкурсы объявлены // *Наноиндустрия*, 7(50), 50–54 (2014).
3. Яминский И., Мешков Г. Центр молодежного инновационного творчества «Нанотехнологии» // *Наноиндустрия*, 4(50), 60–66 (2014).
4. Яминский И. ЦМИТ «Нанотехнологии»: первые шаги // *Наноиндустрия*, 6(52), 4–48 (2014).
5. Федосеев А., Яминский И. Неделя инноваций в Москве: 2-я Всероссийская конференция ЦМИТ «Коммерциализация креативности» и открытие ЦМИТ «Нанотехнологии» // *Наноиндустрия*, 8(54), 32–40 (2014).
6. Коростелев Д., Яминский Д., Яминский И. Обрабатывающие центры для наноиндустрии // *Наноиндустрия*, 8(55), 64–70 (2015).

References

1. Yaminsky I., Yerofeyev A., Kiselev G., Kolesov D., Protopopov A. (2011) *Nanotokar' – eto ser'ezno* [Nanoturner – this is serious]. *Nanoindustriya* [Nanoindustry], no. 4 (28), pp. 52–55.
2. Meshkov G., Sinitsyn A., Yaminsky D., Yaminsky I. (2014) *Tsentr molodezhnogo innovatsionnogo tvorchestva «Nanotekhnologii»: konkursy ob "yavleny* [Youth Innovation Center of creativity «Nanotechnologies». The competition is announced]. *Nanoindustriya* [Nanoindustry], no. 7 (50), pp. 50–54.
3. Yaminsky I., Meshkov T. (2014) *Tsentr molodezhnogo innovatsionnogo tvorchestva «Nanotekhnologii»* [Youth Innovation Center of creativity «Nanotechnologies»]. *Nanoindustriya* [Nanoindustry], no.4 (50), pp. 60–66.
4. Yaminsky I. (2014) *TsMIT «Nanotekhnologii»: pervye shagi* [Youth Innovation Center of creativity «Nanotechnologies»: first steps]. *Nanoindustriya* [Nanoindustry], no. 6 (52), pp. 4–48.
5. Fedoseyev A., Yaminsky I. (2014) *Nedelya innovatsiy v Moskve: 2-ya Vserossiyskaya konferentsiya TsMIT «Kommertsializatsiya kreativnosti» i otkrytie TsMIT «Nanotekhnologii»* [Innovation Week in Moscow: 2 All-Russian Conference of the Youth Innovation Center of creativity «Nanotechnologies». «Commercialization of creativity» and opening of YICC «Nanotechnologies»]. *Nanoindustriya* [Nanoindustry], no. 8 (54), pp. 32–40.
6. Korostelev D., Yaminsky D., Yaminsky I. (2015) *Obrabatyvayushchie tsentry dlya nanoindustrii* [Machining centers for nanotechnology industry]. *Nanoindustriya* [Nanoindustry], no. 8 (55), pp. 64–70.