ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР " ГИБКАЯ ПЕЧАТНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И ФОТОНИКА "

ENGINEERING CENTER FOR FLEXIBLE AND PRINTED ELECTRONICS AND PHOTONICS

УДК 621.38, ВАК 05.27.06, DOI:10.22184/1993-8578.2016.70.8.84.94

В.Лучинин* / cmid_leti@mail.ru

V.Luchinin*

На базе СПбГЭТУ "ЛЭТИ" организован инженеринговый центр "Гибкая печатная электроника и фотоника", ориентированный на создание цифровых микропроизводств микротехники нового поколения.

Engineering center for flexible and printed electronics and photonics, which focuses on creating digital microproduction of microhardware of new generation, is organized on the basis of ETU "LETI".

Современные стратегические вызовы, наряду с технологической модернизацией, фактически требуют технологической революции. В рамках анализа возможных направлений инновационного развития Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" (СПбГЭТУ "ЛЭТИ") были выделены следующие основные предпосылки к реализации на его базе центра инженеринга, ориентированного на создание цифровых микропроизводств микротехники нового поколения:

- низкий уровень коммерциализации продукции при наличии рынка идей;
- ужесточение требований промышленных предприятий к уровню трансфера технологий (завершенности разработок);
- острая потребность предприятий в выполнении прототипирования до начала организации массового промышленного производства продукции;
- динамичное развитие рынка мелкосерийной продукции;
- открытость вузов для международной кооперации и сотрудничества с ведущими мировыми компаниями для трансфера идей и технологий.

Общей целью создания инженерингового центра "Гибкая печатная электроника и фотоника" являлось эффективное использование научно-технологического и кадрового потенциала вуза

в рамках реализации востребованных наукоемких инновационных инженерных разработок как формы динамичной коммерциализации идей и технологий.

Направление предметно-профессиональной деятельности инженерингового центра было определено как создание кластерно-гибридных микропроизводств – "микрофабрик на столе", обеспечивающих формирование технологических маршрутов по изготовлению интегрированных 2D- и 3D-микросистем печатной электроники и фотоники на основе гибких роботизированных технологических линий, формируемых по мультифункциональному модульному принципу под заказчика, при условиях минимизации массогабаритных параметров, энергетических затрат и расхода материалов, а также доступности в размещении оборудования, безопасности и надежности эксплуатации. Особенности таких микропроизводств являются унифицированный аппаратный базис, вариабельность выпускаемой продукции – широкой номенклатуры миниатюрных интегрированных систем, объединяющих механические, электронные, оптические и химические компоненты, при полной автоматизации пооперационных процессов.

В основу работы технологических модулей кластерного производства положены прогрессивные прецизионные аддитивные, капельно-струйные,

* Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" / Saint-Petersburg Electrotechnical University "LETI".

корпускулярные и импринт-технологии, что обеспечивает реализацию 2D- и 3D-изделий, в том числе на основе органо-неорганической гибридной.

Базисом для развития работ в рамках инжинирингового центра является комплекс исследований и разработок, выполненных университетом в области заказной микротехники, включая создание специализированного роботизированного технологического кластера для мелкосерийного производства 2D и 3D гибкой печатной электроники.

В рамках сформировавшихся компетенций, основной рынок для кластерных микропроизводств и реализуемой на их базе продукции (с высоким уровнем интеллектуально добавленной стоимости) может быть определен как социально-ориентированная импортозамещающая микротехника для пищевой и фармацевтической промышленности, агропромышленного комплекса, медицины и биотехнологий.

ПРЕДМЕТНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНЖИНИРИНГОВОГО ЦЕНТРА

Инжиниринговые центры являются одной из наиболее эффективных и динамичных форм участия вузов в формирующейся национальной инновационной системе, обеспечивая

экспресс-прототипирование разработок и трансфер технологий, организацию мелкосерийного выпуска продукции и оперативную профессионально-ориентированную инженерную подготовку кадров.

Предметно-профессиональная деятельность инжинирингового центра "Гибкая печатная электроника и фотоника" определена как создание производственных кластеров нового поколения на базе multifunctional модульного принципа организации гибкой роботизированной технологической линии для изготовления широкой номенклатуры миниатюрных интегрированных систем, объединяющих электронные, оптические, механические и химические компоненты. Отличительными особенностями новой производственно-технологической ниши кластерно-гибридных multifunctional микропроизводств являются широкое использование прецизионных аддитивных, капельно-струйных, корпускулярных и импринт-технологий, реализация процессов в условиях 2D- и 3D-субстратов различной физико-химической природы, а также развитие конвергентных технологий на основе органо-неорганической и бионеорганической гибридной.

Основные направления научно-практической деятельности инжинирингового центра соответ-

Modern strategic challenges, along with technological modernization, in fact, require a technological revolution. The analysis of possible areas of innovative development of Saint-Petersburg Electrotechnical University "LETI" (ETU "LETI") identified the following main preconditions for realization on its basis of the engineering center that focused on the creation of microproduction of microhardware of new generation:

- low level of commercialization of products in the presence of a marketplace of ideas;
- tightening requirements of industrial enterprises to the level of technology transfer (completion of development);

- sharp need of enterprises in the implementation of prototyping prior to the organization of mass industrial production;
- dynamic development of the market for short-run production;
- openness of higher education institutions for international cooperation and cooperation with the leading international companies for transfer of ideas and technologies.

The overall goal of establishing Engineering center for flexible and printed electronics and photonics was the effective use of scientific, technological and personnel potential of the university in the framework of the implementation of high-tech innovative

engineering developments as a form of dynamic commercialization of ideas and technologies.

The area of professional activities of the engineering center was defined as the creation of a clustered-hybrid microproductions, "microfactories on the table", ensuring the formation of technological routes for the production of integrated 2D and 3D microsystems of printing electronics and photonics based on flexible robotic production lines with implementation of multifunctional modular principle under requirements of minimization of mass-dimensional parameters, energy consumption and material consumption, as well as accessibility to the location of the equipment, safety and reliability of operation. Features of such

ствуют ряду критических технологий Российской Федерации, включая технологии наноустройств и микросистемной техники, а также нано-, био-, информационные и когнитивные технологии.

В качестве основных определены следующие виды деятельности инжинирингового центра:

- проектирование и техническая реализация наукоемкого оборудования и производственных систем;
- разработка и адаптация новых технологических операций и процессов;
- проведение монтажных и пусконаладочных работ, гарантийного и постгарантийного обслуживания оборудования и технических систем производственного назначения, являющихся предметом инженерной деятельности;
- разработка аппаратно-программных средств для кластерных технологических линий микропроизводств и их техническая реализация;
- сборка, наладка и запуск технологических линий микропроизводств;
- разработка технологических маршрутов изделий микротехники для реализации в условиях микропроизводств;
- разработка, трансфер технологий и их адаптация в условиях микропроизводств;
- оказание инжинирингово-консультативных услуг по проектированию изделий для реализации на базе микропроизводств и информационно-технологическому обеспечению работы базовых технологических модулей;

- разработка метрологического обеспечения для базовых операций и производственной линии в целом;
- гарантийное и постгарантийное обслуживание микропроизводств;
- кадровое обеспечение эффективной эксплуатации наукоемкого оборудования.

Основываясь на имеющемся заделе по созданию кластерных микропроизводств, в качестве основных можно выделить следующие виды конечной продукции, которые могут быть реализованы на производственной базе нового поколения:

- микроаналитические системы типа "лабораторий на чипе" для высокочувствительного биомедицинского экспресс-контроля, определения безопасности пищевых продуктов и мониторинга биотехносферы;
- сверхминиатюрные информационно-коммуникационные модули, легко интегрируемые в упаковку продовольственных товаров с целью сбора и передачи информации об условиях хранения, транспортировки, продажи;
- multifunctional сенсорно-исполнительные элементы, интегрируемые в одежду, и размещаемые на теле человека с целью биомониторинга и коррекции состояния организма;
- малобюджетные распределенные сенсорные поля для контроля агропараметров в индивидуальных и промышленных секторах сельского хозяйства;
- сенсорно-исполнительные сверхминиатюрные модули для бионических робототехнических

microproductions are standardized hardware basis, the variability of products – a wide range of miniature integrated systems, combining mechanical, electronic, optical and chemical components, with full automation of processes.

The basis for operation of process modules of clustered production are a progressive precision additive, inkjet, corpuscular, and imprint technologies that enables the implementation of 2D and 3D products, including those based on organic-inorganic hybridization.

The basis for development within the engineering center is

a complex of research and development carried out by the university in the field of custom-made micro-technology, including the creation of specialized robotic technology cluster for small batch production 2D and 3D flexible printed electronics.

In the framework of the established competences, the main market for the cluster of microproductions and its products (with a high level of intellectual added value) can be defined as socially-oriented import-substituting microhardware for the food and pharmaceutical industries, agriculture, medicine and biotechnology.

SUBJECT OF PROFESSIONAL ACTIVITY OF ENGINEERING CENTER

Engineering centers are one of the most effective and dynamic forms of participation of universities in the emerging national innovation system, providing a rapid prototyping and technology transfer, the organization of small-scale production and operational professional-oriented engineering training.

Professional activities of the Engineering center for flexible and printed electronics and photonics is defined as the creation of industrial clusters of new generation on the basis of

комплексов и систем замещения функциональных элементов в организме человека.

Разнообразие вышеуказанной конечной продукции, которая может быть реализована в условиях кластерных гибридных микропроизводств, определяет экономическую эффективность использования данного класса оборудования с учетом минимизации экономических затрат на ее приобретение и обслуживание, а также экспресс-адаптивности при необходимости прототипирования и организации мелкосерийного выпуска изделий на заказ.

Целесообразность государственной поддержки проекта определяется в первую очередь тем, что инжиниринговый центр, как объект инновационной структуры государства, должен взять на себя решение национально-значимой задачи по снижению импортозависимости от зарубежных производителей и занять определенную нишу в создании инновационной продукции для социально-ориентированных технологий.

Предполагается, что структура создаваемого инжинирингового центра носит открытый мобильный характер с привлечением педагогического и научно-инженерного персонала вуза, приглашенных исследователей на условиях совместительства из числа преподавателей и сотрудников вуза, аспирантов и студентов, а также научного, педагогического и инженерного персонала других организаций, в том числе зарубежных.

Характеризуя состояние имеющегося задела, следует особо выделить реализуемый на базе СПбГЭТУ "ЛЭТИ" совместно с созданным при его участии "Межвузовским центром прототипирования и контрактного производства" проект "Кластер гибкой печатной электроники". Цель данного проекта – создание кластерного производства микротехники на основе гибких печатных и роботизированных сборочных технологий (рис.1, 2).

В настоящее время университет имеет достаточную собственную материально-техническую базу для обеспечения работы инжинирингового центра, и готов предоставлять сторонним организациям доступ к его уникальной базе путем заключения договоров на оказание услуг и выполнение НИОКР. Применительно к решению задач, непосредственно связанных с гибкой печатной электроникой и фотоникой, технологическая база университета укомплектована комплексом малогабаритного оборудования для 2D- и 3D-печати и прецизионной микросборки изделий (см. таблицу).

Специализированная материально-техническая база СПбГЭТУ "ЛЭТИ" для создания изделий гибкой печатной электроники и фотоники

Dedicated technical resources of ETU "LETI" to create products of flexible and printed electronics and photonics

Название установки Equipment	Функциональное назначение Functionality	
PixDro LP'50, Нидерланды	2D капле-струйная печать 2D ink jet printing
MicroDrop, Германия	2D капле-струйная печать 2D ink jet printing
LPKF, Германия	Лазерное модифицирование поверхности Laser surface modification
Stratasys, США	3D печать полимерами Polymer 3D printing
Asiryl Pocket, Швейцария	3D микросборка 3D micro-assembly

Рис.1. Проект кластерного микропроизводства микротехники, разработанный и реализуемый сотрудниками СПбГЭТУ "ЛЭТИ"
 Fig.1. Project of cluster microproduction of microhardware developed and implemented by staff of ETU "LETI"

РАБОТЫ И УСЛУГИ ИНЖИНИРИНГОВОГО ЦЕНТРА

Создание инженерингового центра "Гибкая печатная электроника и фотоника" преследует следующие цели:

- разработка и освоение современной технологической базы для производства изделий микро- и нанотехники микропроизводств, включая

проектирование на заказ и инженерно-техническую реализацию микрофабрик в рамках гармоничного сочетания российских и зарубежных технических решений;

- освоение технологических маршрутов, реализуемых на основе конформной инфраструктурной модульной организации создаваемой

multifunctional modular principle of organization of a flexible robotic production lines for the manufacture of a wide range of miniature integrated systems, combining electronic, optical, mechanical and chemical components. Distinctive features of new industrial-technological niches of clustered-hybrid multifunctional microproductions are the wide use of precise additive, inkjet, corpuscular and imprint technologies, implementation of processes for 2D and 3D substrates of different physicochemical nature and the development of convergent technologies based

on organic-inorganic and bioinorganic hybridization.

Main directions of scientific activities of the engineering center meets a number of critical technologies of the Russian Federation, including the technology for nano-devices and MEMS and also nano-, bio-, informational and cognitive technologies.

The following activities of the engineering center has been identified as a key:

- design and technical implementation of high-tech equipment and manufacturing systems;

- development and adaptation of new technological operations and processes;
- installation and commissioning, warranty and post-warranty service of equipment and technical systems;
- development of hardware and software for cluster processing lines of microproductions and their technical implementation;
- assembly and commissioning of processing lines of microproductions;
- development of technological routes for realization of microtechnology products in the conditions of microproductions;

технологической линии при высокой степени автоматизации процессов, обеспечивающих динамичность перестройки линии и быстроту адаптации операций;

- обеспечение экспресс-прототипирования и организации производства достаточно широкой номенклатуры изделий микро- и нанотехники нового поколения с ранее недостижимыми масс-габаритными, энергетическими и техническими характеристиками при минимизации временных и экономических затрат на реализацию изделий в условиях возрастания роли интеллектуальной составляющей на этапе подготовки производства;
- подготовка, повышение квалификации и переподготовка кадров для обеспечения трансфера и освоения новых технологий, эксплуатации и обслуживания наукоемкого оборудования.

Исходя из актуальности решения инновационных задач создания как крупных, так и "мелких" производств, ориентированных на пищевой, сельскохозяйственный, медико-биологический и биотехнический секторы, предварительно был проведен анализ рынка изделий, исходя из их востребованности, возможности технической реализации и экономической эффективности. Данный анализ показал, что в рамках вышеуказанных социально-ориентированных секторов наиболее востребованными изделиями являются гибридные миниатюрные устройства, интегрирующие сенсорные и инфокоммуникационные микросистемы, которые обеспечивают оперативный сбор,

Рис.2. Техническая реализация кластерного микропроизводства микротехники, осуществленная сотрудниками СПбГЭТУ "ЛЭТИ"

Fig.2. Technical implementation of cluster microproduction of microhardware carried out by staff of ETU "LETI"

обработку и передачу информации. Наиболее перспективными направлениями следует признать пищевую и агропромышленную сенсорику с ориентацией на обеспечение контроля безопасности продукции, а также биомедицинскую экспресс-диагностику в виде "лабораторий на чипе" и "умной" одежды. Эффективными технологическими направлениями являются аддитивные, капельно-струйные и корпускулярно-лучевые технологии. Комплексный анализ позволил определить и предметно-профессиональную область ока-

- development and transfer of technologies and their adaptation in the conditions of microproductions;
- engineering and advisory services in the design of products implemented on the basis of microproductions and information technological support of the operation of the basic process modules;
- development of metrological support for basic operations and production lines in general;
- warranty and post-warranty service for microproductions;
- personnel service for efficient operation of high-tech equipment.

Based on the available groundwork for creating cluster microproductions, as the main it is possible to allocate the following types of end products, which can be implemented on the industrial base of new generation:

- microanalytical systems such as labs-on-a-chip for highly sensitive biomedical express control, food safety and monitoring of the biotechnosphere;
- subminiature information and communication modules that are easily integrated into the packaging of food products for collecting and transmitting information on the conditions

of storage, transportation, sales;

- multi-functional touch-executive elements integrated into clothing, and placed on the human body with the purpose of biomonitoring and correction of the organism condition;
- low budget distributed sensor fields for monitoring of agricultural parameters in personal and industrial sectors of agriculture;
- touch-executive subminiature modules for the bionic robotic complexes and systems of substitution of functional elements in the human body.

Рис.3. Пример реализации пилотного проекта по созданию сенсорной системы на гибком носителе для экспресс-контроля пищевых продуктов с RFID-меткой, выполненного на кластерном микропроизводстве

Fig.3. Example of implementation of pilot project for creation of sensor systems on flexible media for express control of food products with RFID-tag carried out on cluster microproduction

зываемых услуг при разработке, создании и введении в эксплуатацию кластерных микропроизводств и постановке технологических маршрутов.

В отношении состава оборудования для кластерных микропроизводств в рамках оказываемых

инжиниринговых услуг были определены следующие приоритетные технологии:

- наиболее широко используемыми и гибко перестраиваемыми в отношении топологического рисунка и состава осаждаемых материалов являются капельно-струйные технологии, обеспечивающие микронное разрешение;
- формирование сложных трехмерных конструктивных элементов с микронным пространственным разрешением обеспечивается процессами объемной лазерной стереолитографии;
- наиболее высокую скорость формирования развитых систем коммутации на поверхности 2D- и 3D-объектов обеспечивает лазерная конверсия (модификация) металлосодержащего полимерного субстрата.

АНАЛИЗ РЫНКОВ ПРОДУКЦИИ ИНЖИНИРИНГОВОГО ЦЕНТРА

Ярко выраженной тенденцией последних лет стало сокращение сроков выхода новой продукции на рынок как массовой, так и специализированной микротехники. При этом потребности заказчиков могут быть удовлетворены с использованием контрактного (аутсорсинг) или собственного производства.

Как правило, основными ограничениями при организации собственного производства являются значительные финансовые затраты на создание инфраструктуры и длительные сроки постановки технологических маршрутов в условиях крупносерийного производства, а также риски, связанные

A variety of the above-stated final products, which can be realized in a clustered hybrid microproductions, determines the economic efficiency of the use of this class of equipment taking into account minimization of the economic cost of its acquisition and maintenance, as well as rapid adaptability for prototyping and organization of small-batch manufacturing of products.

The expediency of state support for the project is determined primarily by the fact that the engineering center, as the object of innovation structure of the state, should assume the important task to reduce dependence on imports

from foreign manufacturers and occupy its niche in creating innovative products for socially-oriented technologies.

It is assumed that the structure of the created engineering center is open and mobile with the involvement of teaching and engineering staff of the university, visiting fellows on a part-time basis from among teachers and university staff, graduate and undergraduate students, as well as scientific, educational and engineering personnel of other organizations, including foreign ones.

Describing the status of groundwork, it is necessary to highlight

the Cluster of flexible printed electronics that is implemented on the basis of the ETU "LETI" together with created Interuniversity center of prototyping and contract manufacturing. The goal of this project is to create a cluster manufacturing of microtechnology based on flexible printing and robotic assembly technologies (Fig.1, 2).

Currently the university has adequate material and technical base to ensure the operation of the engineering center, and is ready to provide third parties access to its unique base by concluding agreements for services and research and development. With regard to

с неустойчивостью рынка и конкуренцией со стороны производителей аналогичной продукции.

При обращении к контрактным производствам заказчик сталкивается со следующими проблемами:

- резкое возрастание стоимости разработки;
- часто неприемлемые сроки разработки и производства;
- высокая стоимость изготовления партий изделия;
- сложность модификации изделия.

К тому же, при заказе у контрактных производителей, заказчик вынужден раскрывать свои ноу-хау, что в ряде случаев неприемлемо.

Альтернативным вариантом для разработчика микротехники, обладающего ноу-хау, является организация собственного микропроизводства. Такое решение имеет следующие достоинства:

- снижение стоимости и сроков разработки;
- возможность создания и тестирования различных модификаций прототипов;
- возможность оперативной экспертной оценки емкости рынка;
- сохранение ноу-хау.

При этом, по сравнению с созданием крупносерийного производства, сокращаются инвестиции в оборудование, упрощается привлечение достаточного количества высококвалифицированных кадров для организации и последующего сопровождения производства и уменьшается временной интервал, необходимый для обеспечения экономически эффективного выпуска продукции.

Возможной эффективной формой организации собственного производства высокотехнологичной продукции является обращение к услугам инжиниринговой компании для развертывания технологической линии экспресс-прототипирования продукции в рамках кластерных модульных мультифункциональных производств. Инжиниринговый центр "Гибкая печатная электроника и фотоника" должен занять именно эту – востребованную нишу услуг. Применительно к реализуемому инновационному проекту следует отметить, что он направлен на развертывание в России процесса создания гибких кластерных мультифункциональных малобюджетных технологических линий нового поколения для экспресс-производства микротехники различного функционального назначения, особенно востребованной в медико-биологической практике, экологической и пищевой безопасности (рис.4).

Объектом рынка инжиниринговых услуг в рассматриваемом случае выступает технология, охватывающая все этапы инновационного цикла: предпроектное обследование и бизнес-планирование; разработку производственной линии; поставку оборудования, технологий и программного обеспечения; подготовку специалистов; пуско-наладку и последующее сервисное обслуживание.

Количество компаний, специализирующихся на реальном инновационном технологическом инжиниринге, на российском рынке крайне мало, и среди них практически никто не занимается разработкой и реализацией самостоятельных тех-

the solution of problems directly related to flexible and printed electronics and photonics, the technological base of the university is equipped with a complex of small equipment for 2D and 3D printing and precision micro-assembly of products (see table).

ACTIVITIES AND SERVICES OF ENGINEERING CENTER

The creation of the Engineering center for flexible and printed electronics and photonics aims the following goals:

- development and implementation of up-to-date technological base for the production of

micro- and nanohardware of microproductions, including custom design and engineering implementation of microfactories in the framework of a harmonious combination of Russian and foreign technical solutions;

- development of technological routes, implemented on the basis of conformal modular infrastructural organization of created processing line with a high degree of automation of processes for dynamic adjustment of the line and high-speed adaptation of operations;
- ensuring the rapid prototyping and production organization of

wide product range of micro- and nanohardware of new generation with unprecedented mass and size, energy and technical characteristics, while minimizing the time and economic costs of delivering products in conditions of increasing the role of intellectual component in the preparation stage of production;

- training, improvement of professional skill and retraining of personnel to ensure transfer and development of new technologies, operation and maintenance of high-tech equipment.
- Given the relevance of innovation tasks of creating both large

Рис.4. Инновационная продукция для социально ориентированных направлений

Fig.4. Innovative products for socially-oriented areas

нологических решений в области комплексных микропроизводств. В нише инжиниринговых услуг создаваемый центр должен взять на себя функцию профессиональной фирмы-интегратора, не ограничиваясь поставкой оборудования, а реализуя весь инфраструктурно-технологический цикл, где оборудование является лишь составной частью.

Одновременно идеология создания микропроизводств подразумевает инжиниринговую деятельность, направленную на оптимизацию затрат на оборудование создаваемого мультифункционального производства как наиболее капиталоемкой составляющей инвестиций. Это накладывает особенно жесткие требования на методологию проектирования, которое должно обеспечить оптимальность и гибкость комплектации, а также минимум технологических итераций при освоении производства.

В 2015-16 годы в ряде директивных документов Минэкономразвития, Минпромторга и ГК "Ростехнологии" в качестве общих приоритетов развития отраслей, наряду с импортозамещением, определено увеличение доли социально-ориентированной продукции. Планируемая динамика потребует от предприятий оперативных решений в отношении поиска востребованных рыночных ниш и быстрого их заполнения. Гибкие кластерные быстроперестраиваемые микропроизводства могут стать "оперативной" основой для формирования отечественных инновационных технологических ниш.

and small enterprises, focused on food, agricultural, biomedical and biotechnological sectors, the market analysis of products was conducted, based on their relevance, feasibility and economic efficiency. This analysis showed that within the framework of the socially-oriented sectors, the most demanded products are hybrid miniature devices that integrate touch and communication microsystems that provide the gathering, processing and transmission of information. As the most promising areas it is necessary to recognize the food and agricultural sensorics with orientation towards security monitoring

of products and biomedical rapid diagnostics in the form of labs-on-a-chip and smart clothing. Additive, inkjet and particle-beam technologies are the effective technological areas. A comprehensive analysis allowed to identify the substantive and professional scope of services in the design, creation and commissioning of the cluster microproductions and organization of process routes.

In respect of the equipment configuration for the cluster microproductions within the provision of engineering services the following technology priorities were determined:

- the most widely used and flexible and tunable in relation to the topological pattern and composition of deposited materials are inkjet technologies that provides micron-resolution;
- the formation of complex three-dimensional structural elements with a micron spatial resolution is provided by the processes of volumetric laser stereolithography;
- the highest rate of formation of the developed switching systems on the surface of 2D and 3D objects is ensured by a laser conversion (modification) of metal-containing polymeric substrate.

Средняя стоимость медицинских изделий мобильного типа (например "лаборатории-на-чипе" различного функционального назначения для персонализированной медицины) с учетом покупательной способности населения страны не должна превышать 2–5 тыс. руб. Принимая во внимание функциональное разнообразие данных систем, использующих различные электронные, оптические, механические и биохимические компоненты, их производство экономически эффективно лишь в условиях технологических линий кластерных микропроизводств, отличающихся высокой гибкостью и автоматизацией, а также чистотой технологий. Указанные обстоятельства определяют перспективу "микрофабрик на столе" в данном сегменте рынка высокоточных производств.

В области сельского хозяйства микротехника может быть эффективно использована для создания беспроводных сенсорных сетей на основе интеллектуальных датчиков, контролирующих состояние почв и растительных культур, а также перемещение скота.

В продовольственной сфере актуально обеспечение безопасности на этапах закупки сырья, производства, хранения и транспортировки продукции, в том числе путем ее оснащения RFID-метками.

Таким образом, создание центра по разработке и внедрению гибких малобюджетных технологических линий для производства микро- и нанотехники открывает новый сегмент рынка инжи-

ниринговых услуг в России, позволяя сделать шаг к обеспечению конкурентоспособности государства на международном рынке современных роботизированных микропроизводств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значение инжинирингового центра "Гибкая печатная электроника и фотоника", создаваемого на базе СПбГЭТУ "ЛЭТИ", обусловлено успешным выполнением следующих задач:

- обеспечение селективной поддержки наиболее перспективных научных и педагогических школ, конкурентоспособных на международном рынке наукоемкой продукции, и образовательных услуг с целью развития экономики, основанной на знаниях;
- интеграция в формирующуюся национальную инновационную систему с целью обеспечения эффективного взаимодействия с реальным сектором экономики и коммерциализации инновационной продукции с доминирующей интеллектуальной составляющей;
- обеспечение динамической сетевой концентрации знаний, человеческих и инфраструктурных ресурсов для реализации востребованных проектов в области роботизированных кластерных цифровых микропроизводств и формирование инновационных импортозамещающих технологических ниш в производстве высокоинтеллектуальной микротехники для продовольственного, сельскохозяйственного и медицинских секторов экономики. ■

MARKET ANALYSIS FOR PRODUCTS OF ENGINEERING CENTER

The reduction of terms of release of new products to the market of both mass and specialized microhardware became a pronounced trend in recent years. Thus customer needs can be satisfied using a contract (outsourcing) or own production.

As a rule, the main limitations in the organization of own production are significant financial costs of infrastructure and long terms of creation of process routes for mass production, as well as the risks associated with market volatility and competition from producers of similar products.

In the case of cooperation with contract production facilities, the customer faced the following challenges:

- sharp increase of cost of development;
- frequently unacceptable terms of development and production;
- high cost of production of batches of the product;
- the complexity of the modification of products.

Besides, in cooperation with contract manufacturers, the customer is required to disclose its know-how, which in some cases is unacceptable.

An alternative for the developer of microhardware with know-how is

the organization of own microproduction. This solution has the following advantages:

- reduced cost and development time;
- the possibility of creating and testing of various modifications of prototypes;
- the possibility of rapid expert assessment of market capacity; preservation of know-how.

At the same time, compared to creating a large-scale production, the investment in equipment are reduced, the hiring of highly qualified personnel for organization and subsequent maintenance of production is simplified and the amount of

time required to ensure cost effective production is decreased.

Possible effective form of organization of own production of high-tech products is to appeal to the engineering company for the creation of processing line for rapid prototyping of products in the cluster of multifunctional modular production. Engineering center for flexible and printed electronics and photonics should take this in-demand niche of services. In relation to the implemented innovation project it should be noted that it is aimed at the organization in Russia of creating a flexible cluster multifunctional low-budget production lines for a new generation of rapid production of microhardware for various applications, especially demanded in medical-biological practice, environmental and food security (Fig.4).

The object of the market of engineering services in this case stands is the technology, covering all stages of the innovation cycle: pre-project study and business planning; development of production lines; supply of equipment, technology and software; training of staff; commissioning and subsequent service.

The number of companies that specialize on real innovative technology engineering in the Russian market is extremely small, and among them almost no one is involved in the development and implementation of independent technology solutions in the field of comprehensive microproductions. In the niche of engineering services, the created center needs to assume the function of a professional integrator, without being limited to supply of equipment, but implementing the entire infrastructure and technological cycle, where the equipment is only a part.

At the same time, the ideology of creating microproductions implies engineering activities aimed at

optimizing the cost of equipment for created multifunctional production as the most capital-intensive component of investment. This imposes particularly stringent requirements on the methodology of design, which should ensure the optimal and flexible configuration, as well as a minimum of process iterations during the development of production.

In 2015-16 a number of policy documents of Ministry of economic development, Ministry of industry and trade and Rostec Corporation defined as a common priority for the development of industries, together with import substitution, the increase in a share of socially-oriented products. Planned dynamics requires operational decisions in terms of assessing and filling market niches. Flexible cluster fast-tunable microproductions can become "operational" basis for the formation of domestic innovative technological niches.

The average cost of medical devices of a mobile type (for example lab-on-a-chip of different functions for personalized medicine) with regard to the purchasing power of the population should not exceed 2 thousand to 5 thousand rubles. Taking into account the functional diversity of these systems, which use various electronic, optical, mechanical and biochemical components, their production is cost-effective only in conditions of processing lines of cluster microproductions, characterized by high flexibility, automation and cleanliness. These circumstances define the prospectivity of "microfactories on the table" in this segment of the market of precision manufacturing.

In the field of agriculture, microtechnology can be effectively used to create wireless sensor networks based on intelligent sensors for monitoring the status of soils and crops and move livestock.

In the food sector security on the stages of procurement of raw materials, production, storage and transportation of products, including using RFID-tags is relevant.

Thus, the establishment of the centre for the development and implementation of a flexible low-budget production lines for the production of micro- and nanohardware opens a new segment of the market of engineering services in Russia, allowing to take a step to ensure the state's competitiveness in the international market of modern robotic microproductions.

CONCLUSION

The topicality of the Engineering center for flexible and printed electronics and photonics, created on the basis of the ETU "LETI" is caused by the successful execution of the following tasks:

- providing selective support for the most promising scientific and pedagogical schools, which are competitive on the international market of high-tech products and educational services, with the aim of developing an economy based on knowledge;
- integration in the emerging national innovation system to ensure effective interaction with the real sector of the economy and commercialization of innovative products with dominant intellectual component;
- ensuring a dynamic networked concentration of knowledge, human and infrastructural resources for implementation of actual projects in the field of robotic cluster digital microproductions and the formation of innovative import-substituting technological niches in the production of highly intelligent microhardware for food, medical and agricultural sectors of the economy. ■