НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

NANOTECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS FOR AEROSPACE INDUSTRY

DOI: 10.22184/1993-8578.2017.76.5.20.23

Л.Раткин*

L.Ratkin*

В рамках научной программы международного авиационно-космического салона "МАКС-2017" была проведена конференция "Космические корпорации будущего в "Индустрии 4.0". Одной из ключевых тем обсуждения стало применение нанотехнологий в аэрокосмической отрасли.

In the framework of the scientific program of the International Aviation and Space Salon MAKS 2017, a conference "Space corporations of the future in Industry 4.0" was held. One of the key topics of discussion was the application of nanotechnology in the aerospace industry.

Научно-практическая конференция "Космические корпорации будущего в "Индустрии 4.0", организованная АО "Российские космические системы" (РКС) под председательством начальника отдела обеспечения инновационной деятельности РКС А.Николашина, открылась докладом "Технологии новой индустрии: цели, маршруты, окружение" директора исследовательско-аналитического центра Госкорпорации "Роскосмос" Д.Пайсона. Среди проблем ближайшего десятилетия докладчик отметил не только разрешение нормативно-правовых проблем при использовании внеземных ресурсов (проблематика "неприсвоения", неотрегулированность законодательства в сфере "космического права" и т.д.), но и применение искусственного интеллекта и наномеханических и робототехнических комплексов в планетоходах и посадочных станциях в пределах Солнечной системы, а также существенное сокращение стоимости и организационно-технической сложности доступа на низкие околоземные орбиты для научно-образовательных и промышленно-военных приложений. Прогнозируется рост низкоорбитального грузопассажирского трафика (в частности, с привлечением частных космических транспортных компаний) и развитие услуг в сфере получения информации о земной

поверхности в субметровом разрешении в реальном масштабе времени на мобильных устройствах с наноэлементной базой (технология to see myself from space – "увидеть себя из космоса").

Тренды в сфере космических технологий ближайшего двадцатилетия: биогенез и фундаментальные картины мира на нано-, микро- и макроуровне; астроинженерные решения (например, изменение траекторий опасно сближающихся с Землей астероидов); новые технологии по развитию транспортных систем "Земля – орбита" для обеспечения дальнейшего снижения удельной стоимости доставки (в том числе, наноматериалы для баков двигателей с вытеснительной подачей, элементы и методы их применения для космического транспорта многократного использования). Не менее важна разработка орбитальных 3D-принтеров для производства в условиях невесомости деталей космических аппаратов и сооружений с последующей их сборкой и монтажом в крупногабаритные и сложно выводимые обычным способом орбитальные конструкции; замкнутых систем жизнеобеспечения для полетов в пределах Солнечной системы и ракетных способов перемещения в пространстве и поднятия грузов на орбиту, например, космический лифт, впервые предложенный еще К.Э.Циолковским. Среди технологий

* ООО "АРГМ" / ARGM LLC.

будущего – астероидная оборона, астроинженерия для доставки грузов с поверхности планет и небесных тел, научно-промышленное освоение Луны, использование космических ресурсов (например, солнечные электростанции на наноэлементной базе), организация невозвратных колоний за пределами Земли, симбиоз живой и неживой материи, синтез кибернетических организмов, методы обратимого физического переноса сознания с одного носителя на другой и нано-био-инфо-когно-социогуманитарные системы.

Технологический запрос за периметром возможностей существующей программы может быть осуществлен не только прямым трансфером технологий и обратным инжинирингом, но и заказными НИР по системе выявленных приоритетов (реализации их малым и средним бизнесом при поддержке институтов развития и венчурных фондов), а также работой с ведомственными и профильными вузами с постановкой задач на НИР по соответствующему отраслевому (например, нанотехнологическому) рубрикатору приоритетов в рамках исследовательской стратегии вузов с рациональным использованием их бюджетов.

Интересен опыт внедрения системы управления технологическим развитием (СУТР) в NASA: наряду с авионавтикой, наземными и пусковыми системами, оборудованием и информационными технологиями для обработки данных (например, имитацией и моделированием), системами для входа в атмосферу и снижения/посадки, терморегулирующими комплексами, материалами и конструкциями для механических производственных систем и нанотехнологическими приложениями приоритетами являются научные обсерватории и их комплектование, жизнеобеспечение и пилотируемые системы, автономные робототехнические комплексы, космические двигательные установки, планетные и "напланетные" системы, телекоммуникация и космоэкологический мониторинг (контроль уровня загрязненности околоземного пространства космическим мусором), космические системы хранения и преобразования энергии и двигательные установки средств выведения.

Иначе выглядит СУТР в Европейской космической ассоциации (European Space Agency – ESA). Ее стратегический план формирует "Технологическая стратегия и долгосрочный план ESA", "Технологические требования и дорожные карты по приоритетам" и "Технологические рабочие планы ESA", на которые оказывают влияние не только национальные организации и консультации с представителями деловых кругов и научной общественности (в частности,

Фото: Л.Раткин | Photo: L.Ratkin

Д.Пайсон, Роскосмос

D.Paisson, Roscosmos

в сфере наноиндустрии), но и результаты технологических оценок на европейском и глобальном уровне с учетом "европейской гармонизации".

Д.Пайсон отметил, что в соответствии с ISO 16290 "Космические системы. Определение уровней и критериев оценки технологической готовности (TRL) космических систем и их элементов" для любой технологии можно выделить девять уровней готовности:

- TRL 1 – изучение и описание (в виде отчетов) основных принципов;
- TRL 2 – формулирование концепции технологии и/или области применения;
- TRL 3 – аналитическое и экспериментальное подтверждение концепции критической функции и/или характеристик;
- TRL 4 – подтверждение в лабораторных условиях;
- TRL 5 – критическая функция подтверждена в соответствующих условиях;
- TRL 6 – демонстрация моделью критических функций в соответствующей среде;
- TRL 7 – модель демонстрирует работоспособность в реальных условиях среды;
- TRL 8 – актуальная система завершена и признана годной к полету (летная квалификация);
- TRL 9 – реальная система, "проверенная в полете" в результате успешной эксплуатации.

Согласно данным "Роскосмоса", общий объем мирового рынка коммерческих продуктов и услуг на базе спутниковых группировок составил в 2015 году 208,3 млрд долл. США. На рынках медиа-холдингов и приборостроительных корпораций, функционирующих в тесной кооперации с предприятиями наноэлектронной промышленности, наблюдается высокая конкуренция. Целевой рынок космических продуктов и услуг

Фото: Л.Раткин | Photo: L.Ratkin

Г.Ерохин, "Российские космические системы"
G.Erokhin, Russian space systems

госкорпорации составляет 56,6 млрд долл. США. К числу типовых коммерческих проектов в сфере наноэлектроники относятся информационно-навигационные системы, оборудование с компонентами и расходными материалами для обеспечения импортонезависимости с организацией совместных предприятий по трансферу технологий и освоению новых платформ в рамках государственно-частного партнерства (ГЧП), создание средств выведения среднего класса с оказанием коммерческих пусковых услуг, венчурные проекты в сфере средств выведения сверхлегкого класса и многоразовых решений, потребительские информационные продукты на базе снимков Земли, операторские услуги спутникового широкополосного доступа и операторские услуги подвижной спутниковой связи с передачей данных. Ресурсы Роскосмоса в наноэлектронной промышленности позволяют разработать дополнительные подсистемы ГЛОНАСС с комплексами пользовательских решений в сфере мониторинга и навигации, создать совместные предприятия с зарубежными поставщиками, в том числе по платформам нового поколения, развивать космический туризм на кораблях "Союз" и в российском сегменте МКС, создать ракету-носитель среднего класса (ОКР "Феникс") с задействованием старых площадок, развернуть технологическую инфраструктуру дистанционного зондирования Земли с эксплуатацией системы подвижной связи и обмена данными "Тонец".

Выступление заместителя генерального конструктора по перспективным технологиям конструирования бортовой аппаратуры (БА) РКС Г.Ерохина было посвящено перспективам развития процесса создания БА с применением наноэлементной базы. По мнению докладчика, к числу основных проблем

при создании БА следует отнести необходимость быстрого импортозамещения более 1500 типов ЭКБ, их штучное потребление и невозможность применения БА без предварительного проведения ОКР, что обуславливает длительный срок создания и высокую стоимость. Например, различные требования к БА по стойкости к внешним воздействующим факторам даже для одного типа орбит и/или ракет-носителей. При этом, в космической отрасли применяется широкий спектр различных интерфейсов (борт-сеть, управления и передачи данных, телеметрия).

Имеющийся научно-технологический задел по служебным системам космических аппаратов (КА) обеспечивает приоритет разработок РКС по ряду ключевых направлений. Например, в рамках ОКР "ИБИС-КА-НКУ" проводится разработка всей перспективной наноэлектронной аппаратуры из состава платформы КА, что составляет около 80% ее систем и приборов. В рамках НИР "Форсаж" исследуются проблемы разработки ряда двигательных установок и приборов систем электропитания, НИР "Партитура" посвящена особенностям систем обеспечения теплового режима, НИР "Магистраль (Унификация)" – задачам построения унифицированных приборов и модулей для бортовых комплексов управления КА и бортовых радиотехнических комплексов служебных систем.

Рассматривая подробнее особенности применения нанотехнологий для миниатюризации БА, можно констатировать, что прогресс технологий от печатных плат и LTCC (40–200 мкм) через многослойные платы (модули) на основе процессов микроэлектроники (0,5–40 мкм) до интегральных схем (22–500 нм) типа "система на кристалле" (СНК) обеспечивает разработку вариативной конструкторской документации на БА, способствует доработке отечественной ЭКБ до необходимых характеристик, снижает массогабаритные показатели аппаратуры, допускает применение кристаллов ЭКБ иностранного производства (на начальном этапе создания БА), способствует производству функционально законченных узлов и повышает надежность за счет отсутствия паяльных соединений.

Отработка применения нанотехнологий в разрабатываемой отечественной ЭКБ в БА предполагает создание макетов ЭКБ образцов продукции (ОП) и макетов модулей и блоков на их основе, разработку РКД ЭКБ ОП и РКД модулей на их основе, изготовление опытных образцов ЭКБ ОП, создание опытных образцов модулей и блоков с применением опытных образцов ЭКБ ОП, проведение квалификационных испытаний с присвоением литеры ЭКБ ОП и изготовлением летных образцов и модулей блоков. Для

отработки новой архитектуры БА на ЭКБ ОП реализуется макет на базе ПЛИС, в состав которой заложен проект будущей СБИС. При длительном цикле проектирования с неопределенностью условий эксплуатации ЭКБ в контексте климатических и механических воздействий применимы унифицированные конструктивы с шаблонами расположения крупногабаритных элементов ЭКБ.

О передовых промышленных нанотехнологиях и возможностях "Сколково" по развитию бизнеса рассказал А.Беляков, вице-президент и исполнительный директор кластера передовых производственных технологий, ядерных и космических технологий фонда "Сколково". В год экологии достигнуты следующие результаты работы экосистемы "Сколково": выручка от работы 1640 участников составила 95,5 млрд руб., объем инвестиций – 21,1 млрд. руб., создано 21800 рабочих мест и получено более 1100 патентов. Мягкие обязательства на сумму 34,7 млрд руб. предоставили 46 инвестиционных фондов и порядка 200 бизнес-ангелов. При активной помощи и научно-методической поддержке ректора Сколтех, заместителя академика-секретаря Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН академика А.Кулешова, в Сколковском университете наук и технологий функционируют 10 центров науки, исследований и образования, 78 профессоров и преподавателей обучают около 500 студентов, 76 промышленных партнеров "Сколково" организовали свыше 6300 рабочих мест и 17 центров НИОКР. На территории технопарка аккредитовано 40 центров коллективного пользования, имеется свыше 20 тыс. м² офисных и лабораторных площадей для стартапов технопарка "Сколково", около 300 стартапов переехали или планируют переезд на территорию ИЦ "Сколково". В Центр интеллектуальной собственности подано более 1600 заявок на регистрацию объектов интеллектуальной собственности (ОИС), включая свыше 300 международных. С 2014 по 2016 год структурировано порядка 120 сделок участников стоимостью 3 млрд руб.

Пропорция в тематическом распределении 1640 участников такова: 505 – ИТ, 380 – энергетика, 360 – биомедицина, 207 – ядерные технологии, 188 – космос, причем нанотехнологические проекты предлагаются по каждому из пяти направлений. Из множества заявителей только каждый шестой получил статус участника проекта "Сколково", свыше 40% участников получили выручку в 2015–2016 годах (каждый 25-й – более 100 млн руб.). Свыше 140 участников участвуют в продажах на международных рынках, каждый пятый – заявитель на регистрацию ОИС,

Фото: Л.Раткин | Photo: L.Ratkin

А.Беляков, фонд "Сколково"

A.Belyakov, Skolkovo Foundation

каждый девятый – владелец патента или свидетельства. Для повышения качества проектов участников "Сколково" разработана программа акселерации с участием иностранных акселераторов, сформирована менторская панель, предусмотрено взаимодействие с промышленными партнерами (в частности, для формирования спроса на нанотехнологическую продукцию), проводится постоянное обновление и повышение уровня технологической и бизнес-экспертизы панели экспертов, развивается формат регулярных камеральных проверок грантополучателей. По итогам анализа отчетов об исследовательской деятельности с начала реализации проекта 390 компаний были лишены статуса участника.

ВЫВОДЫ

Прямое импортозамещение приводит к значительному увеличению массогабаритных параметров БА КА. Обеспечить конкурентное преимущество отечественной БА возможно за счет внедрения СНК. Длительные сроки и высокая стоимость создания БА наряду с необходимостью обеспечения импортонезависимости обуславливают проведение унификационных процедур для БА, что требует внесения изменений в отраслевую нормативно-правовую базу для ее гармонизации с российским и международным законодательством.

Несовершенство отраслевых нормативно-правовых документов, наряду с технологическим отставанием по ряду направлений, является одним из сдерживающих факторов развития современной наноэлектроники в России. Существующие правовые пробелы и внутренние и внешние противоречия препятствуют созданию благоприятного инвестиционного климата в отечественной электронной отрасли. ■