



П.А. Верник

**Развитие космической деятельности
в условиях формирования цифровой
экономики**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Верник П.А. Развитие космической деятельности в условиях формирования цифровой экономики // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 1-й Международной конференции (8-9 февраля 2018 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2018. — С. 38-46. — URL: <http://keldysh.ru/future/2018/6.pdf> doi:[10.20948/future-2018-6](https://doi.org/10.20948/future-2018-6)

Развитие космической деятельности в условиях формирования цифровой экономики

П.А. Верник

АНО «Институт стратегий развития»

Аннотация. В условиях формирования цифровой экономики особое значение придается системному анализу глобальных технологических и экономических тенденций. В статье рассмотрены основные характеристики космических технологий будущего и принципы их развития, состояние и перспективы рынка космических продуктов и услуг, показаны направления развития космического приборостроения и его влияние на разработку электронной компонентной базы.

Ключевые слова: космическая деятельность, рынок космических услуг, развитие технологий, электронная компонентная база, цифровая экономика.

В настоящее время в условиях формирования цифровой экономики особую важность приобретает задача государственного масштаба по коммерциализации космической деятельности и развитию в ней государственно-частного партнерства (ГЧП). Выполнение этой задачи требует анализа экономической ситуации, тенденций рынка космических услуг и выработки стратегии развития, позволяющей частному бизнесу эффективно включиться в создание перспективной космической техники, разработку передовых продуктов и технологий, которые будут востребованы в условиях активного перехода к использованию цифровых данных во всех сферах социально-экономической деятельности и в целом будут содействовать формированию цифровой экономики государства.

Среди областей, в которых на российском рынке уже сформировался определенный пул частных компаний, готовых выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИР и ОКР) для целей космической отрасли, в том числе в инициативном порядке, очевидно, можно назвать область разработки электронной компонентной базы (ЭКБ). Поэтому для эффективной реализации имеющегося потенциала в создании передовой ЭКБ космического применения в рамках ГЧП необходимо выявление трендов мирового космического приборостроения, что, в свою очередь, позволит определить потребности в соответствующих НИР и ОКР по разработке ЭКБ на ближнюю и дальнюю перспективу.

2. Новые возможности и перспективы

На основании анализа ведущихся в мире работ и заявляемых целей в области космических технологий, проведенного в АНО «Институт стратегий развития», можно выделить следующие основные характеристики космических технологий будущего.

1. Переход от передачи информации к передаче знаний, предполагающий формирование новой распределенной среды для научных исследований, развития технологий и выполнения совместных проектов.

2. Создание массивов открытых универсальных платформ с возможностью индивидуализации задач для каждого потребителя. Этот процесс проявляет себя достаточно явно не только в космической отрасли. В большинстве областей техники заметно вытеснение закрытых платформ открытыми. В ведущих высокотехнологичных корпорациях создаются направления по разработке и развитию открытых платформ, как аппаратных, так и программных. Эти платформы характеризуются высокой степенью унификации и/или стандартизации составных частей (модулей) и средств сопряжения (форм-факторов, типоразмеров – для аппаратных средств, протоколов, интерфейсов, форматов данных – для программного обеспечения), при этом обладая высокой гибкостью и возможностями масштабирования и кастомизации. Сочетание таких свойств обеспечивает универсальность и широкий спектр применения открытых платформ.

3. Значительное увеличение доли систем гражданского применения и доли ГЧП, а также контроль рынка несколькими транснациональными корпорациями (ТНК). При этом следует отметить, что гражданские системы в данном контексте в подавляющем большинстве являются системами двойного применения. Примером покупки корпорацией технологии военного назначения для дальнейшего развития и использования (как заявляется, в гражданских целях) может служить приобретение компанией Google фирмы, производящей робототехнику для Пентагона, с помощью которой предполагается добыча полезных ископаемых на астероидах.

4. Резкое удешевление стоимости запусков, определяемое, в частности, внедрением открытых коммерческих систем. Примером может служить программа компании SpaceX, планирующей сократить стоимость запуска примерно на 30% [1] и обеспечить стоимость запуска в диапазоне \$42–45,2 млн. Как следствие, можно прогнозировать снижение стоимости космической составляющей инфраструктуры цифровой экономики.

5. Индустриальные космические платформы, мини-колонии на Луне и Марсе. Развитие в этой области, вероятно, будет определяться необходимостью поиска новых источников и методов выработки энергии и добычи полезных ископаемых. Для обеспечения приемлемой стоимости ресурсов космического происхождения потребуется создание технологий и инфраструктур для первичной переработки данных ресурсов в

непосредственной близости от места добычи (выработки), поскольку транспортировка необработанного сырья на Землю потребует значительно больших расходов.

6. Поселения людей, животных и растений в качестве мини-экосистем как элемент колонизации космоса.

7. Резкое количественное и качественное изменение транспортных потоков и важность управления ими. В условиях возрастающего количества космических аппаратов и платформ потребуется переход от управления отдельными аппаратами к управлению (диспетчеризации) космического движения.

8. Новые технологии военного контроля и воздействия как неотъемлемая часть систем обеспечения защиты своих интересов странами, осваивающими космическое пространство.

Данный перечень отражает общую картину будущего использования космических технологий, как она видится на сегодняшний день исходя из текущих мировых тенденций, и, хотя некоторые из перечисленных характеристик относятся к достаточно далекой перспективе и требуют существенного прогресса в технологиях, практически по всем таким направлениям в мире уже ведутся работы.

Развитие технологий, направленное на решение задач построения космических систем будущего, основывается на следующих принципах.

1. «Автотрофность» космических систем, обеспечение их способности к саморемонту и самовоспроизводству. Автономность систем потребует обеспечения их надежности методами, выходящими за рамки традиционного резервирования. Кроме того, рост скорости прогресса приведет к необходимости расширения функционала систем, обеспечиваемого самими системами. В этом аспекте перспективными представляются в первую очередь аддитивные технологии, такие как 3D-печать. При саморемонте и самовоспроизводстве могут использоваться в том числе материалы утилизированных спутников.

2. Цифровизация и интеграция космических систем с другими типами технических систем, в первую очередь с робототехникой и беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). На стыке различных передовых технических направлений возможно образование комплексных систем для решения определенных задач. При этом развитие каждого направления в рамках таких комплексных систем должно учитывать требования к системе в целом. Например, развитие робототехники для наземного применения изначально не предполагает стойкости к воздействиям космического пространства, поэтому прямое заимствование достижений того или иного направления может быть затруднено. Пути развития всех составляющих комплексных систем в области их пересечения должны предполагать их глубокую взаимосвязанность.

2. Новые возможности и перспективы

3. Микроминиатюризация. С ростом функциональности и универсальности космических систем требуется реализация большого количества функций в малом объеме с переходом от спутников-систем к спутникам-приборам и далее к спутникам на чипе. На рис. 1 приведена классификация спутников по массе на основе данных SpaceWorks Enterprises, Inc. на 2017 г. [2], отражающая спутники массой от 10 г. В связи с этим возникает необходимость в программе автоматизированного проектирования для замены крупных компоновочных решений (таких как блоки с печатными узлами) более компактными и легкими (системы в корпусе, микромодули, применение МЭМС и других решений на микро- и наноуровне) и выпуска таких изделий.

Класс спутника	Диапазон массы
Фемтоспутник	10–100 г
Пикоспутник	Менее 1 кг
Наноспутник	1–10 кг
Микроспутник	10–100 кг
Малый спутник	100–500 кг

Рис. 1. Классификация спутников по массе на основе данных SpaceWorks Enterprises, Inc. [2]

4. Закрытые системы полного цикла обеспечения жизнедеятельности людей, животных, растений, бактерий и проч.

5. Новые технологии выработки и передачи энергии. Обеспечение энергией космических систем будущего потребует поиска не только новых источников энергии, но и качественно новых способов ее передачи на большие расстояния, в том числе на движущиеся объекты в космическом пространстве. Это направление на данный момент относится к далекой перспективе, хотя работы в этом направлении ведутся.

6. Повышение роли гибко изменяемого программного обеспечения (ПО) в стандартизованных электронных модулях и блоках. В условиях ускоряющегося роста требований к функциональности космических систем они будут морально устаревать по прошествии времени, существенно меньшего, чем возможный срок эксплуатации аппаратного обеспечения (2-3 года против 15 лет), поэтому необходима возможность расширения функциональности за счет обновления ПО, в том числе дистанционным способом. Программно-центрированные системы также могут сыграть важную роль в обеспечении управления космическим движением и вынесении центров управления полетами на околоземную орбиту и за ее пределы.

7. Развитие двойных технологий – крупных, малых и микробеспилотных аппаратов, роботизированных комплексов, в том числе

для разрушения астероидов, уничтожения космического техногенного мусора и т.п.

Для последующего прогнозирования состава потребностей в ЭКБ для космических систем в ближней перспективе рассмотрим экономические параметры, текущее состояние и тенденции рынка космических продуктов и услуг.

Согласно данным Госкорпорации «РОСКОСМОС» [3], по состоянию на 2016 г. основную долю этого рынка (\$13,9 млрд) составляли автоматические космические аппараты (АКА), системное наземное оборудование (\$10,3 млрд), спутниковая связь (\$6 млрд), пусковые услуги (\$5,5 млрд) и геоинформационные и навигационные услуги (\$5,5 млрд). Услуги дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) составляли лишь \$2,7 млрд, услуги МКС – \$2,7 млрд. При этом к 2025 г. прогнозируется основной рост в области геоинформационных и навигационных услуг – в 6,7 раза в абсолютном выражении. Их доля составит почти 40%. Также существенно вырастут в абсолютном выражении спутниковая связь и ДЗЗ (в 1,8 и 1,7 раза соответственно). При этом направления АКА, системного наземного оборудования и пусковых услуг в абсолютном выражении вырастут соответственно в 1,3, 1,2 и 1,2 раза.

Это указывает на тенденцию роста доли космических услуг за счет снижения доли направлений, связанных с оборудованием и аппаратурой. Основной рост сосредоточен в инфраструктурных составляющих цифровой экономики – геоинформационные и навигационные услуги, спутниковая связь, ДЗЗ. Суммарный объем мирового рынка по указанным составляющим в 2025 г. достигнет \$52,2 млрд и составит более 56% всего мирового рынка космических продуктов и услуг.

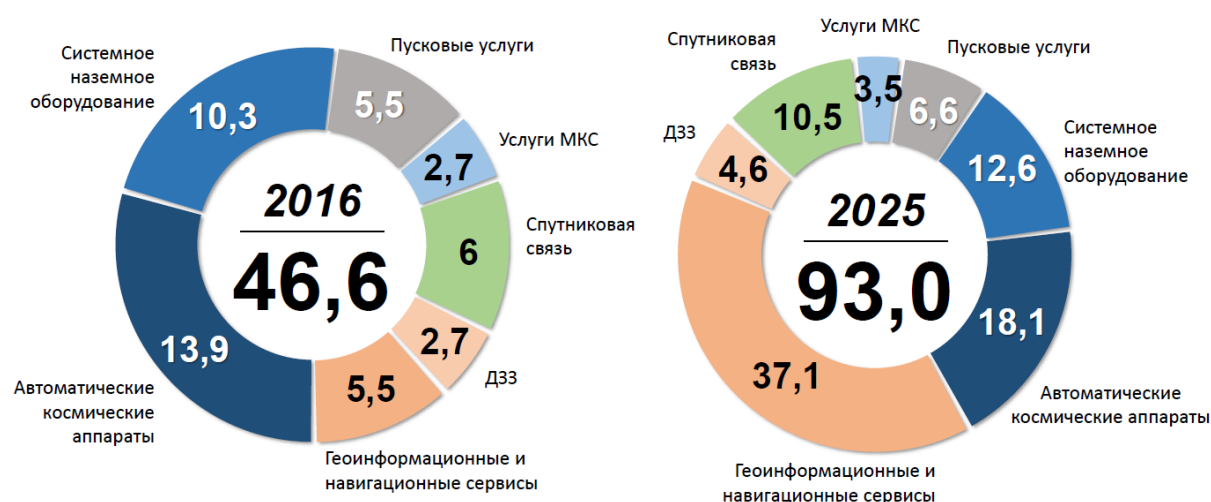


Рис. 2. Структура и объем (в \$ млрд) мирового рынка космических продуктов и услуг [3]

2. Новые возможности и перспективы

По данным Госкорпорации «РОСКОСМОС» [3], в 2016 г. мировой рынок космических продуктов и услуг составил \$46,6 млрд и к 2025 г. прогнозируется его рост до \$93 млрд. Структура и объем мирового рынка космических продуктов и услуг представлены на рис. 2.

Следует отметить, что рост доли геоинформационных и навигационных услуг совместно с ДЗЗ на мировом рынке коррелирует с планами развития проекта «Цифровая Земля», предусмотренного в рамках реализации программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [4]. Важность совершенствования системы дистанционного зондирования Земли и необходимость использования ее для развития экономики, социальной сферы подчеркивается высшим руководством страны [5]. Принимая во внимание инициативы государственных органов, можно прогнозировать значительное увеличение доли российских компаний, работающих в цифровом сегменте мирового рынка космических продуктов и услуг.

В сегменте средств выведения и пусковых услуг Россия в настоящий момент является одним из ключевых игроков и занимает 24% соответствующего мирового рынка [6].

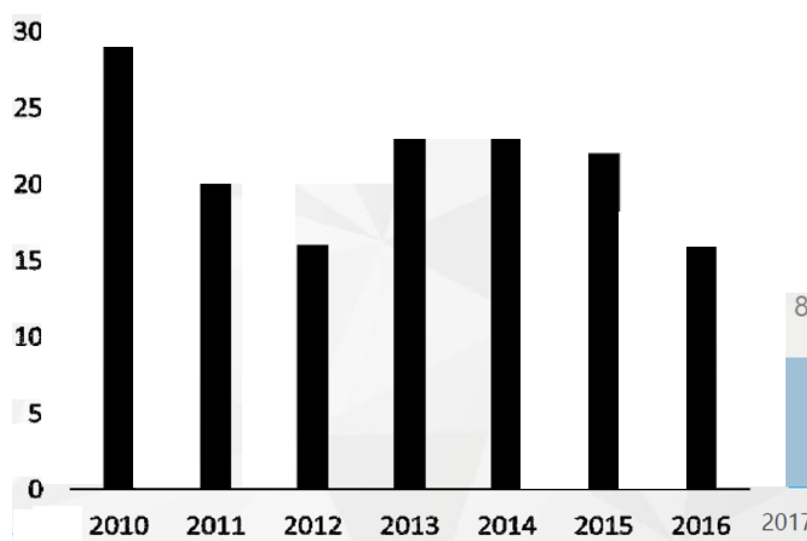


Рис. 3. Коммерческие заказы геостационарных спутников

На основании данных Euroconsult 2017 [7] можно сделать вывод о том, что рынок геостационарных спутников за последние годы сильно менялся и не проявлял явных тенденций к постоянному росту или снижению, однако в 2017 г. он показал значительное падение, что может свидетельствовать о том, что количество запусков геостационарных спутников будет снижаться на фоне увеличения пропускной способности систем связи. В то же время наблюдается рост спроса на малоразмерные спутники (по усредненным значениям за несколько лет), который, по прогнозам, в ближней перспективе будет сохраняться. Учитывая, что среди

основных прогнозируемых областей применения малоразмерных спутников – телекоммуникации и наблюдение за Землей, этим направлениям должно быть уделено внимание при определении потребностей в космической электронной аппаратуре и ЭКБ на ближайшие годы.

При построении комплексных космических систем, включающих достижения в таких областях, как аддитивные технологии, робототехника, БПЛА и т.п., необходимо выполнение требований к ЭКБ, диктуемых эксплуатацией в космическом пространстве, к чему существующие решения в ряде областей могут быть не готовы. Среди этих требований – стойкость к воздействию ионизирующих излучений, к термовакuumным факторам, повышенные требования к надежности.

С другой стороны, особенностью ЭКБ космического применения является широкая функциональная номенклатура при крайне малой количественной потребности. По результатам мониторинга в 2008–2010 гг., в космической отрасли применялось более 6 тыс. типонаименований при количественной потребности от десятков до сотен штук по каждой позиции. Особенности ЭКБ для бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов приведены на рис. 4.

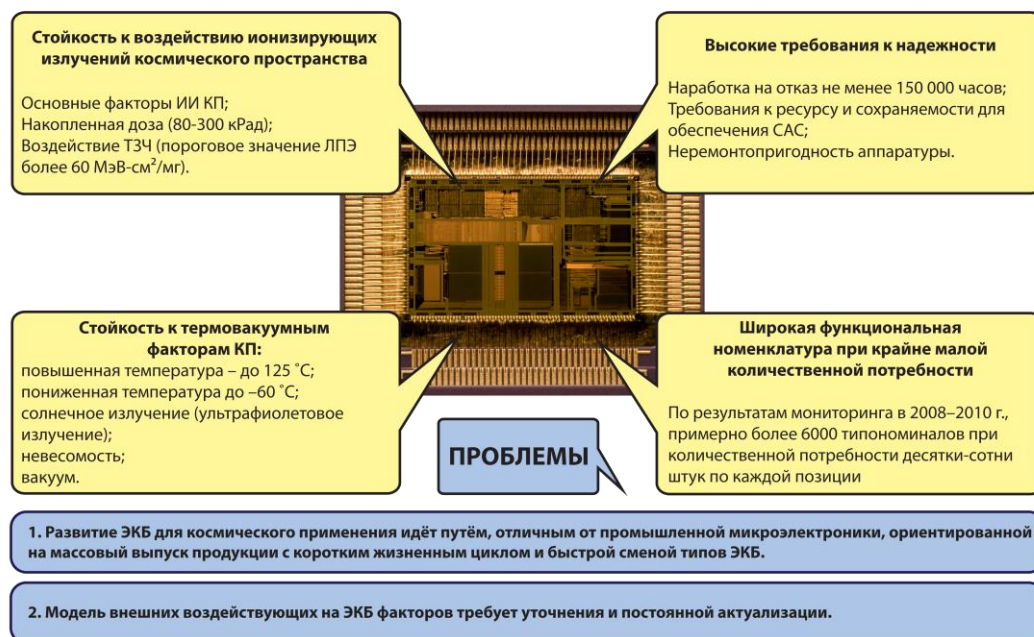


Рис. 4. Особенности ЭКБ для бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов

Таким образом, одной из основных проблем разработки и производства ЭКБ для космического применения остается тот факт, что ее развитие происходит по пути, отличному от промышленной и потребительской ЭКБ, ориентированной на крупносерийный и массовый

2. Новые возможности и перспективы

выпуск продукции с коротким жизненным циклом и быстрой сменой типов ЭКБ.

Отчасти эта проблема может быть решена благодаря новой тенденции, заключающейся в создании унифицированных малых космических аппаратов с коротким сроком эксплуатации (от 2 до 3 лет), что определяется быстрым ростом требований к функционалу электронной аппаратуры и ее моральным устареванием.

Другой проблемой является то, что модель внешних воздействующих факторов требует постоянного уточнения и актуализации.

Среди основных типов ЭКБ, используемой в космической продукции, особое внимание следует уделить датчикам и компонентам для обработки информации, поскольку они занимают центральное место в развитии автономных систем с перспективой саморемонта и самовоспроизводства.



Рис. 5. Основные направления развития ЭКБ, используемой в космической продукции

Вместе с тем все прочие типы ЭКБ, такие как интегральные микросхемы (ИМС) для обеспечения питания, компоненты силовой электроники, драйверы дисплеев и ИМС обработки видеосигналов, ИМС

памяти, требуют дальнейшей миниатюризации для их применения в системах в корпусе. Основные направления развития ЭКБ, используемой в космической продукции, приведены на рис. 5.

Определение направлений развития космической деятельности в ближней и дальней перспективе с учетом обозначенных мировых трендов, с одной стороны, даст возможность крупным государственным предприятиям космической отрасли максимально использовать имеющиеся разработки частных компаний в области ЭКБ, а с другой – позволит частным компаниям включиться в создание новой ЭКБ для космической отрасли с наибольшей эффективностью. Это позволит космической отрасли России занять ведущее место на мировом рынке цифровых космических услуг.

Литература

1. Американская ракета-носитель Falcon 9. Досье.
<http://tass.ru/info/4982077>
2. 2017 Nano/Microsatellite Market Forecast, SpaceWorks Enterprises, Inc.
http://www.spaceworkscommercial.com/wp-content/uploads/2018/01/SpaceWorks_Nano_Microsatellite_Market_Forecast_2017.pdf
3. Материалы конференции «Космос как бизнес» 12 декабря 2017 г.
https://www.roscosmos.ru/media/files/docs/2017/SpAsBus/ziganov_final1.pdf
4. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждена Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. №1632-р)
<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708030016>
5. Совещание по развитию космической отрасли под председательством Президента РФ В.В. Путина 22 мая 2017 г.
<http://www.kremlin.ru/events/president/news/copy/54539>
6. Совещание с членами Правительства под председательством Президента РФ В.В. Путина 12 апреля 2017 г.
<http://www.kremlin.ru/events/president/news/copy/54276>
7. Материалы конференции «Космос как бизнес» 12 декабря 2017 г.
<https://www.roscosmos.ru/media/files/docs/2017/SpAsBus/bocinzer.euroconsult.-roscosmos.2.ru.pdf>