

УДК 629.78

С. Н. ЛАРЬКОВ, В. И. ПРИСЯЖНЫЙ, В. В. ОЖИНСКИЙ, В. Н. МАМАРЕВ

Национальный центр управления и испытаний космических средств

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В УКРАИНЕ

Проведён анализ современного состояния рынка пусковых услуг, учитывая основные тенденции создания космических аппаратов и, в том числе, прозвучавшие в 2016 году актуальные заявления о запуске группировок из 700-800 современных сверхмалых аппаратов для обеспечения глобального доступа к сети Интернет. Детально рассмотрен опыт успешных пусков крылатых ракет-носителей с возможностью воздушного старта «Pegasus», последний из которых произведён 12 декабря 2016 года с мыса Канаверал. Освещены основные тенденции развития ракетно-космических комплексов в сегменте обеспечения пусковых услуг доставки на орбиту космических аппаратов малого класса. Показано, что воздушный старт является наиболее приемлемым для Украины в современных условиях.

Ключевые слова: *ракета-носитель, воздушный старт, проектирование.*

Введение

Коммерциализация рынка космических услуг обеспечила наивысшую динамику развития этого сегмента мировой экономики. Высокая рентабельность космической деятельности стимулировала ее переход из научно-экспериментального этапа в коммерческий, ознаменовав начало «эры прагматичного космоса». В XXI веке космическая деятельность все больше направлена на получение конкретного эффекта, перестав быть «вопросом престижа».

Конъюнктура рынка и жесткая конкуренция поставщиков космических товаров и услуг выдвигают новые требования к участникам рынка, среди которых следует выделить высокую оперативность предоставления услуг и оптимальность соотношения цена-качество (без снижения целевой эффективности космических систем). Вследствие этого, просматриваются новые тренды развития космических систем: переход от тяжелых к аппаратам малого класса (без снижения целевых характеристик специальной аппаратуры) путем применения принципа монофункциональности; формирование многоспутниковых орбитальных группировок малых аппаратов в целях повышения оперативности их применения, надежности системы.

Соответственно изменяются и требования к средствам доставки космических аппаратов (КА) малого класса на орбиту, что делает разработку ракетно-космических комплексов легкого класса задачей своевременной, актуальной и перспективной.

Целью данной работы является определение перспективных направлений развития ракетно-космических комплексов в Украине на основе ана-

лиза конъюнктуры рынков космических систем и средств их выведения.

Анализ рынка космических аппаратов малого класса

На основе анализа аналитических отчетов консалтинговых компаний Space Works Enterprises, Euroconsult [1, 2] и др. возможно сделать следующие выводы о перспективах развития рынка космических аппаратов малого класса до 2022 года:

- начиная с 2010 года, наблюдается устойчивый тренд роста числа запусков КА малого класса, и к 2022 году количество запусков будет составлять более 400 КА в год;

- прогнозируемый ежегодный прирост числа запусков, в период с 2017 по 2022 годы оценивается в 17-23%;

- наиболее массово востребованными в 2000-2016 г.г. были КА малого класса весом до 10 кг.;

- в 2016-2018 г.г. коммерческий сегмент КА малого класса увеличится практически в 2 раза, достигнув 70% всех запусков;

- в 2017-2018 г.г. запуски КА малого класса в рамках крупномасштабных проектов составят не более 25%;

- с учетом прогресса в области микроэлектроники ожидается увеличения годового числа пусков КА микро-класса до 50-60 единиц;

- рынок КА массой свыше 100 кг (в т.ч. геостационарных и пилотируемых) останется на уровне порядка 100 ед./год.

Таким образом, анализ рынка космических аппаратов малого класса позволяет сформировать об-

щие требования к перспективным ракетно-космическим комплексам: высокая оперативность, надежность выведения КА на целевую орбиту и конкурентная стоимость выведения 1 кг полезной нагрузки.

Анализ рынка пусковых услуг космических аппаратов малого класса

Анализ рынка пусковых услуг за 2000-2016 годы показал, что для запусков малых КА операторы, в основном, использовали ракеты-носители среднего класса. Безусловно, кластерные запуски малых КА существенно снижают стоимость выведения полезной нагрузки на целевые орбиты, однако при этом полностью нивелируется их основное преимущество – быстрота создания и введения в эксплуатацию.

Вследствие неполного соответствия существующих возможностей рынка пусковых услуг требованиям операторов космических систем и растущего числа запусков малых КА, в последние годы начаты работы по разработке ракет-носителей легкого класса. Наиболее перспективные из них приведены в табл. 1.

Таблица 1

Перспективные ракетносители легкого класса

Название	Количество ступеней	Тип старта	Дата первого пуска
Electron	2	Наземный старт	2016
LauncherOne	2	Воздушный старт	2017
SOAR	2	Воздушный старт	2017
Super Stryi	3	Наземный старт	2015
M-OV	2	Наземный старт	н/д
Alpha	2	Наземный старт	2016
Bloostar	3	Морской старт	2017
GOLauncher 2	2	Воздушный старт	2018

Из вышеизложенного следует, что для перспективных ракетно-космических комплексов (РКК) сверхлегкого класса, сегменты наземного (классического) и воздушного стартов практически соизмеримы. Значительная доля, занимаемая проектами ракет-носителей (РН) воздушного старта [3], объясняется весомыми преимуществами:

- развитая аэродромная сеть - для взлета самолета-носителя подходят любые сертифицированные аэродромы, способные принять соответствующие самолеты-носители;

- старт с оптимальной широты, что позволяет уменьшить массу ракеты, следовательно, увеличить полезную нагрузку РН для заданного наклона орбиты и даты пуска;

- экономия характеристической скорости за счет снижения потерь от гравитационных и аэродинамических сил;

- повышения характеристик ракеты-носителя за счет сил противодавления на срезе сопла реактивного двигателя.

Оценку экономии характеристической скорости целесообразно осуществить путем сравнения характеристик РН «Pegasus» [4] и «Minotaur-I» [5], на основании унифицированности их верхних ступеней. Расчеты характеристической скорости проведены по формуле Циолковского, прирост характеристической скорости вследствие сброса головного обтекателя на активном участке работы ступени не учитывался. Результаты расчетов [6, 7], для массы КА 584 кг, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчет характеристической скорости РН Pegasus и Minotaur I

Ракета-Носитель	Масса ракеты-носителя, кг	Номер ступени	Удельный импульс ракетного двигателя	Начальная масса летательного аппарата	Конечная масса летательного аппарата	ΔV
Minotaur I	36192	4	2871,4	1428	646	2277,68
		3	2842	5759	1844	3236,54
		2	2822,4	12791	6554	1887,24
		1	2567,6	35686	15083	2224,25
		$\Sigma \Delta V$				
Pegasus XL	23195	ЛА	9,8			
		3	2871,4	1428	646	2277,68
		2	2842	5759	1844	3236,54
		1	2871,4	23693	8645	2894,94
		$\Sigma \Delta V$				

Таким образом, по результатам расчетов воздушный старт по сравнению с наземным (при идентичности веса полезной нагрузки) обеспечивает экономию характеристической скорости РН в 12,81%.

Украина одна из немногих стран, которые являются собственниками технологий создания ракет-носителей и наземной космической инфраструктуры. Создание собственного космодрома выглядит очевидным шагом, однако географическое размещение и территориальные особенности Украины не позволяют выполнить такие работы. Исходя из сложившейся ситуации, в соответствии общим трендам развития сферы пусковых услуг, Государственное космическое агентство Украины активно принимало участие в различных международных проектах таких как «Морской старт» (англ. «Sea Launch») и «Cyclone-4» (старт с околоэкваториальной зоны – космодром Alcântara, Бразилия). Однако опыт ре-

лизации проектов международной кооперации свидетельствует, что успешность подобного рода проектов в значительной степени зависит от политической ситуации в мире.

Таким образом, по мнению авторов, динамика развития рынков космических услуг, сложности создания в Украине собственного космодрома актуализирует необходимость создания авиационно-космического комплекса на базе ракеты-носителя сверхлегкого класса. Реализация подобного проекта позволит обеспечить независимость и высокую оперативность запусков, как собственных КА, так и коммерческих, заняв собственную нишу в рынке услуг по запуску КА.

Заключение

Стремительная микроминиатюризация космической техники привела к смене приоритетов операторов космических систем при выборе типа КА для решения целевых задач. Концепция создания КА по принципу «один аппарат – одна нагрузка – одна функция» привела к возникновению дисбаланса между потребностями операторов КА и предложениями операторов пусковых услуг. Вследствие этого, новый виток развития получили проекты создания РКК на базе ракет-носителей сверхлегкого класса.

Отсутствие у Украины собственного космодрома и объективная невозможность его создания, неудачи при участии в международных проектах оказания пусковых услуг, необходимость обеспечения независимости запусков собственных КА, заставляют задуматься о перспективных направлениях развития ракетно-космических комплексов в Украине. Анализ перспективных проектов, которые реализуются участниками рынка пусковых услуг, показал рост интереса к РКК на базе ракет-носителей легкого класса. А анализ потребительского рынка и его характерная сегментация позволяют выделить РКК на базе ракет носителей легкого класса в качестве наиболее перспективного направления развития ракетно-космических комплексов в Украине.

Литература

1. *Global Launch Vehicle Market Assessment [Электронный ресурс]*. – Режим доступа : http://www.sei.aero/archive/2013_Global_Launch_Vehicle_Market_Assessment_July2014.pdf. – 14.07.2016.
2. *Satellites to be built & launched by 2024. World Market Survey [Электронный ресурс]*. – Режим доступа : <http://www.euroconsult-ec.com/research/Satellites-built-launched-by-2024-brochure.pdf>. – 18.07.2016.

3. Walters, E. *Air Launch: Examining Performance Potential of Various Configurations and Growth Options [Text]* / Eric D. Walters, Dennis M. Creech, Alan D. Philips // *Proc. of AIAA SPACE 2013 Conference and Exposition, 10-12 September 2013*. – San-Diego, California, USA.

4. *Minotaur 1 User's Guide [Электронный ресурс]*. – Режим доступа : http://www.orbitalatk.com/flight-systems/space-launch-vehicles/Fminotaur/docs/Minotaur1_UG.pdf. – 22.08.2016.

5. *Pegasus User's Guide. [Электронный ресурс]*. – Режим доступа : https://www.orbitalatk.com/flight-systems/space-launch-vehicles/pegasus/docs/Pegasus_UsersGuide.pdf. – 22.08.2016.

6. Усов, В. *Перспективные космические системы Сухопутных войск США [Текст]* / В. Усов // *Зарубежное военное обозрение*. – 2013. – № 5. – С. 53-54.

7. Лебедев, А. А. *Баллистика ракет [Текст]* / А. А. Лебедев, Н. Ф. Герасюта. – М. : Машиностроение, 1970. – 244 с.

References

1. *Global Launch Vehicle Market Assessment* http://www.sei.aero/archive/2013_Global_Launch_Vehicle_Market_Assessment_July2014.pdf (accessed 14.07.2016).
2. *Satellites to be built & launched by 2024. World market survey* <http://www.euroconsult-ec.com/research/Satellites-built-launched-by-2024-brochure.pdf> (accessed 18.07.2016).
3. Walters, E. *Air Launch: Examining Performance Potential of Various Configurations and Growth Options [Text]* / Eric D. Walters, Dennis M. Creech, Alan D. Philips // *Proc. of AIAA SPACE 2013 Conference and Exposition, 10-12 September 2013*. – San-Diego, California, USA.
4. *Minotaur 1 User's Guide*. Available at: http://www.orbitalatk.com/flight-systems/space-launch-vehicles/Fminotaur/docs/Minotaur1_UG.pdf (accessed 22.08.2016).
5. *Pegasus User's Guide*. Available at: https://www.orbitalatk.com/flight-systems/space-launch-vehicles/pegasus/docs/Pegasus_UsersGuide.pdf (accessed 22.08.2016).
6. Usov, V. *Perspektivnye kosmicheskiye sistemy Suhoputnyh voisk SShA [The future US Army space systems]*. // *Zarubezhnoe vojennoe obozrenie*, 2013, №5 pp.53-54.
7. Lebedev, A. A., Gerasyuta, N. F. *Ballistika raket [Missiles ballistics]*. Moscow, Machine manufacturing Publ., 1970. 244 p.

Поступила в редакцию 10.11.2016, рассмотрена на редколлегии 7.12.2016

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАКЕТНО-КОСМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ В УКРАЇНІ

С. М. Ларьков, В. І. Присяжний, В. В. Ожінський, В. М. Мамарев

Проведено аналіз сучасного стану ринку пускових послуг, з огляду на основні тенденції створення космічних апаратів. Враховано, в тому числі, актуальні заяви, що пролунали в 2016 році щодо запуску угруповань з 700-800 сучасних надмалих апаратів для забезпечення глобального доступу до мережі Інтернет. Детально розглянуто досвід успішних пусків крилатих ракет-носіїв з можливістю повітряного старту «Pegasus», останній з яких відбувся 12 грудня 2016 з мису Канаверал. Освітлено основні тенденції розвитку ракетно-космічних комплексів в сегменті забезпечення пускових послуг доставки на орбіту космічних апаратів малого класу. Показано, що повітряний старт є найбільш прийнятним для України в сучасних умовах.

Ключеві слова: ракета-носіє, повітряний старт, проектування.

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF ROCKET-SPACE COMPLEXES IN UKRAINE

S. M. Larkov, V. I. Prysiazhnyi, V. V. Ozhinskyi, V. M. Mamarev

The analysis of the current state of the market of launch services, taking into account the main trends creating of spacecraft and, in particular, voiced in 2016 the application for groups start from 700-800 modern satellites to provide global access to the Internet. Considered in detail the experience of successful launches of cruise missile-carriers named «Pegasus» with possibility of air launch, the latter of which promoted December 12, 2016 from Cape Canaveral. It highlights the major trends in the development of rocket and space complexes in the segment of providing launch services delivery into orbit spacecraft small class. In article was improve that the air start is the most acceptable for Ukraine today.

Key words: launch vehicle, air launch to orbit, development.

Ларьков Сергей Николаевич – канд. техн. наук, ведущий специалист отдела научно-исследовательской и испытательной работы, Национальный центр управления и испытания космических средств Государственного космического агентства Украины, Киев, Украина e-mail: ncuvkz@spacecenter.gov.ua.

Присяжний Владимир Ильич – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, начальник, Национальный центр управления и испытания космических средств Государственного космического агентства Украины, Киев, Украина e-mail: ncuvkz@spacecenter.gov.ua.

Ожинский Виктор Василевич – канд. техн. наук, начальник отдела научно-исследовательской и испытательной работы, Национальный центр управления и испытания космических средств Государственного космического агентства Украины, Киев, Украина e-mail: ncuvkz@spacecenter.gov.ua.

Мамарев Виктор Николаевич – канд. техн. наук, ведущий инженер отдела научно-исследовательской и испытательной работы, Национальный центр управления и испытания космических средств Государственного космического агентства Украины, Киев, Украина e-mail: ncuvkz@spacecenter.gov.ua.

Larkov Sergey Nikolaevich – Candidate of Technical Science, Leading specialist of Department of scientific-research and test work National Space Facilities Control & Test Center, State Space Agency of Ukraine, Kiev, Ukraine, e-mail: ncuvkz@spacecenter.gov.ua.

Prusajnuj Vladimir Ilyich – Candidate of Technical Science, Senior Researcher, Chief of National Space Facilities Control & Test Center, State Space Agency of Ukraine, Kiev, Ukraine, e-mail: ncuvkz@spacecenter.gov.ua.

Oginski Victor Vasilevich – Candidate of Technical Science, Head of Department of scientific-research and test work National Space Facilities Control & Test Center, State Space Agency of Ukraine, Kiev, Ukraine, e-mail: ncuvkz@spacecenter.gov.ua.

Mamarev Viktor Nikolaevich – Candidate of Technical Science, Leading engineer of Department of scientific-research and test work National Space Facilities Control & Test Center, State Space Agency of Ukraine, Kiev, Ukraine, e-mail: ncuvkz@spacecenter.gov.ua.