

УДК 629.78

© А. Н. Окованцев, М. И. Калинов

Санкт-Петербургское отделение Секции прикладных проблем при Президиуме РАН
cesavo@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЕВЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МИРОВОГО ОКЕАНА

Обосновывается целесообразность и возможность использования боевых ракетных комплексов для вывода малых космических аппаратов для мониторинга Мирового океана. Показано, что современный уровень развития электроники и других областей науки и техники дает возможность использования малых космических аппаратов для решения достаточно сложных научных и прикладных задач. Рассматриваются основные аспекты применения в качестве ракетоносителей конверсионных баллистических ракет, снимаемых с боевого дежурства.

Ключевые слова: малые космические аппараты, мониторинг, баллистические ракеты, конверсия.

A. N. Okovancev, M. I. Kalinov

St.-Petersburg branch of the Section of applied problems at the Presidium of RAS, Russia

TRENDS OF COMBAT MISSILE SYSTEMS FOR MONITORING THE WORLD'S OCEANS

The paper substantiates the desirability and feasibility of use of combat missile systems for small spacecraft to monitor the World's ocean. The possibility of small spacecraft application for solving complex scientific and applied problems due to the current level of development of electronics and other fields of science and technology is shown. The perspective of use of converted ballistic missiles being removed from combat duty as launch vehicles is considered.

Key words: small spacecraft monitoring, ballistic missiles, conversion.

Космические средства мониторинга Мирового океана (Земли) имеют существенное преимущество перед любыми другими аналогичными средствами: наблюдения из космоса независимо от погодных условий и времени суток позволяют оперативно получать достоверные сведения о процессах, протекающих в любом районе океана или поверхности суши; с помощью космических аппаратов можно производить мониторинг достаточно протяженных участков поверхности Земли, а также осуществлять с высокой точностью слежение за отдельными стационарными и подвижными объектами.

Анализ современных космических систем для решения задач дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на базе малых космических аппаратов (МКА) показывает, что малые спутники представляют собой весьма перспективное направление, открывающее новые возможности мониторинга окружающей среды.

Сейчас трудно установить приоритет того, кто впервые использовал слово «малый» как термин, классифицирующий новый класс космических аппаратов. В 1990 г. европейская фирма Arianespace (разработчик и производитель ракет-носителей Ariane) при помощи ракеты Ariane-4 попутно с основным спутником SPOT-2 (масса 1870 кг) вывела на солнечно-синхронную орбиту высотой около 790 км и наклоном 98.6° шесть малых спутников значительно меньшего размера по сравнению с основным аппаратом (массой от 12 до 48 кг) [1]. Тогда же Arianespace предложила условную классификацию МКА по массе, отраженную в табл. 1.

Однако не только малые размеры и массу привнес термин «малые спутники», но и новую идеологию подхода к разработке и использованию космических аппаратов. Это цена вопроса и времени: делать долго и дорого универсальный спутник, который должен в течение длительного времени решать возложенные на него задачи, или же относительно быстро разработать, изготовить и вывести на орбиту несколько сравнительно недорогих аппаратов, чтобы, в том числе и в случае возможной поломки одного из них, не сорвать миссию группировки КА или относительно быстро вывести

Таблица 1

Классификация спутников по массе

Тип спутника	Pico	Nano	Micro	Small	Mini
Масса, кг	0—1	1—10	10—100	100—500	500—1000

на орбиту новый аппарат. Ориентировочные сроки и стоимость различных классов КА представлены в табл. 2 (по классификации немецкой компании DLR) [2].

Несмотря на то, что МКА — узкоспециализированные технические системы, с точки зрения разработки, создания и запуска их малая масса обеспечивает ряд преимуществ различного характера:

— относительно невысокая стоимость самого МКА. Разработку и создание малого спутника в интересах мониторинга информации о морской (надводной и подводной), наземной, воздушной и радиоэлектронной обстановке в контролируемом районе земной поверхности нельзя назвать дешевой, но можно применить термин хотя бы не очень дорогой. В тоже время цена аналогичного большого спутника в несколько раз больше;

— относительно невысокая стоимость и оперативность вывода МКА на орбиту. Можно использовать легкие носители, в том числе российские конверсионные ракеты, снимаемые с боевого дежурства;

— относительно малые сроки создания (1—3 года вместо 5—10 лет) за счет узкой специализации спутника, возможности использования унифицированных платформ, серийных компонентов, сокращения конструкторских и технологических требований к разработке, созданию, запуску и эксплуатации;

— возможность запуска не по одиночке, а целой группой, что удешевляет себестоимость запуска одного аппарата;

— возможность создания группировки МКА, способной работать в рамках скоординированной программы.

Группировка МКА по сравнению с одиночным спутником обладает следующими достоинствами:

— высокой надежностью: при работе нескольких аппаратов в рамках единой программы выход из строя одного аппарата не ведет к срыву задачи;

— возможностью своевременного внедрения новых технологий: поскольку группировки наращиваются постепенно, то каждый очередной запуск выводит на орбиту аппараты, созданные с применением новых (последних) технических достижений. Спутники после выработки ресурса выводятся из эксплуатации и замещаются более современными;

— возможностью распределения в группе КА функциональных задач: то есть, когда несколько аппаратов двигаются на небольшом друг от друга расстоянии, выполняя общую задачу и распределяя отдельные функции и элементы этой задачи между собой. В этом случае ограничения на состав полезной нагрузки значительно ослабляется. Например, передача целевой и (или) телеметрической информации на Землю может осуществляться через специальный спутник, оборудованный телеметрической системой с большой пропускной способностью для передачи данных, собранных другими аппаратами;

— высокой оперативностью мониторинга в заданном районе земной поверхности за счет увеличения частоты обзора последовательным пролетом МКА группировки;

— возможностью адаптации группировки МКА к конкретному району наблюдения.

В современных условиях запуск МКА на орбиту осуществляется, как правило, в качестве попутной нагрузки вместе с основным (большим) КА. Это может быть реализовано в случае, когда основная полезная нагрузка не использует полностью возможности ракеты-носителя [3].

В этом варианте основной проблемой является подчинение «попутной» нагрузки требованиям по запуску основного КА, в том числе по времени и дате пуска, характеристикам орбиты, месту

Таблица 2

Ориентировочные сроки и стоимость различных классов КА

Тип	Малые КА					Большие КА
	Pico	Nano	Micro	Small	Mini	
Масса, кг	0—1	1—10	10—100	100—500	500—1000	Более 1000
Стоимость, млн USD	1	10		100	Более 100	
Срок создания, год	1—2			Более 5 лет		

запуска, схеме выведения, страхованию, высокой стоимостью и т. д.. В связи с этим возможность выведения на орбиту МКА с приемлемыми параметрами может растянуться на многие месяцы, а то и годы. Очевидно, что об оперативности запусков говорить не приходится.

В тоже время в России имеется целый ряд ракетносителей, в том числе и конверсионных, способных выводить КА на околоземную орбиту. На рис. 1 показаны потенциальные и основные современные средства выведения полезной нагрузки, разработанных на базе конверсионных баллистических ракет, а также и специально разработанные ракетносители.

Из рисунка хорошо видна разница в массогабаритных размерах, которые сказываются на стоимостных показателях и, соответственно, степени сложности организации запуска и временных характеристиках подготовки к запуску соответствующих ракетносителей.

В 1990-х гг. конверсионные ракеты рассматривались как радикальный способ снижения стоимости вывода на орбиту малых спутников. Особенно этот вопрос был актуален в связи с необходимостью уничтожения в большом количестве баллистических ракет по советско-американскому Соглашению о сокращении ядерного оружия и средств его доставки. Однако по различным причинам этот проект в полной мере реализован не был, хотя приобретен положительный опыт, который целесообразно использовать в дальнейшем [4].

Таким образом, для снижения стоимости и повышения оперативности вывода МКА на низкую околоземную орбиту (НОО) могут быть использованы в качестве ракетносителей конверсионные баллистические ракеты снимаемые с боевого дежурства. К ним относятся: РС-20 «Ярс», РС-12М «Тополь-М», РС-20А «Сатана», РСМ-56 «Булава-М», РСМ-54 (Р-29РМУ2) «Синева», РСМ-50 Р-29Р.

Рассчитывать на использование РС-20 «Ярс» и РСМ-56 «Булава-М» в ближайшей перспективе не приходится, в связи с необходимостью вооружения ими в первую очередь вновь формируемых боевых подразделений и кораблей СЯС.

Среди оставшихся БР наиболее привлекательной по критерию оперативность-стоимость выглядит программа использования в качестве ракетносителей (легких) в следующей последовательности: РСМ-50 (Р-29Р), РСМ-54 (Р-29РМУ2), РС-12М «Тополь-М».

Некоторые преимущества морских БР по сравнению с РС-12М:

- меньшая стоимость запуска — около 4.5 млн долл. против 8.5 (по данным открытых источников);
- большая масса выводимой полезной нагрузки (практически в 1.5 раза);
- большой объем отсеков для размещения полезной нагрузки;
- удобство управления жидкостным ракетным двигателем (ЖРД) при выполнении программы полета.

В целом применение баллистических ракет в целях вывода МКА на НОО может осуществляться без каких-либо доработок стартового комплекса, а также с использованием штатных

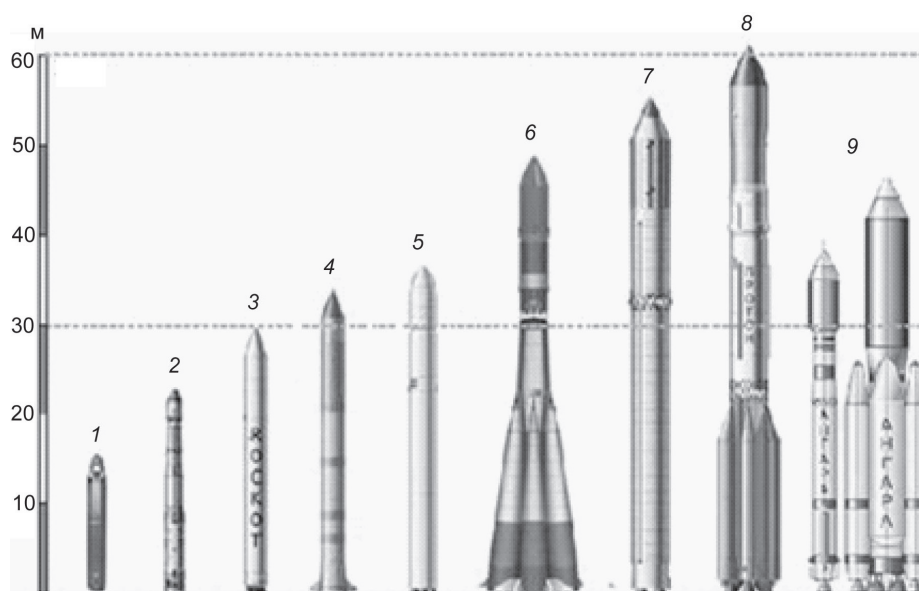


Рис. 1. Специальные отечественные ракетносители и ракетносители, разработанные на базе конверсионных баллистических ракет.

систем наземного комплекса управления, приема и обработки информации, и не требует дополнительной подготовки боевых расчетов, то есть выполнить данную работу может любой боевой расчет корабельного или мобильного ракетного комплекса.

Дооборудование самой серийной ракеты носит незначительный характер и может быть рассмотрено на примере БРПЛ РСМ-54, на базе которой может быть разработано семейство ракет-носителей легкого класса: «Штиль», «Штиль-2.1», «Штиль-2», «Штиль-3» (рис. 2).

В ракетоносителе «Штиль» переоборудование заключается в демонтаже служебных антенн и боевых блоков (рис. 2, б). Высвободившиеся объемы могут использоваться под задачи выведения полезной нагрузки. КА может располагаться в специальной капсуле (рис. 2, в).

В ракетоносителе «Штиль-2.1» полезная нагрузка может размещаться в специальном отсеке, который устанавливается на передний шпангоут приборного отсека и представляет собой сборку из обтекателя, в качестве которого используется штатный астрокупол ракеты РСМ 54, и соединительного отсека.

В ракетоносителе «Штиль-2» для размещения полезной нагрузки разрабатывается специальный отсек, который устанавливается в носовой части ракеты и состоит из головного обтекателя и переходника для стыковки с ракетой. Головной обтекатель обеспечивает пыле-влагозащиту полезной нагрузки и будет снабжен системой разделения и сброса.

Ракетоноситель «Штиль-3» в перспективе будет отличаться некоторой модернизацией боевой ракеты: — разработкой новой конструкции третьей ступени с увеличенным запасом топлива, нового приборного отсека, вводом дополнительной ступени довыведения, а также разработкой нового отсека полезной нагрузки, объемом 3.6 м³ и бортового измерительного комплекса.

Основные характеристики ракетоносителей семейства «Штиль» представлены в табл. 3.

Использование подводной лодки в качестве стартового комплекса позволяет осуществлять пуски ракет-носителей «Штиль» практически на любые наклонения орбит.

В 1998 г. ракетой-носителем «Штиль» с подводной лодки были успешно запущены на орбиту спутники TUBSAT-N и TUBSAT-N1 разработки Берлинского технического университета (Германия). В мае 2006 г. космический аппарат «Компас-2» был успешно выведен на околоземную орбиту высотой 500 км.

На рис. 3 показан фрагмент интерфейса имитационно-моделирующего комплекса оценки эффективности информационных космических систем. С помощью этого комплекса, поддерживаемого в актуальном состоянии в Санкт-Петербургском отделении Секции прикладных проблем при Президиуме РАН, произведена оценка эффективности применения орбитальной группировки КА по целевому назначению по районам Северо-Восточной Атлантики, Средиземного моря и Тихого океана. Рассмотрен вариант наращивания орбитальной группировки от одного до шести КА.

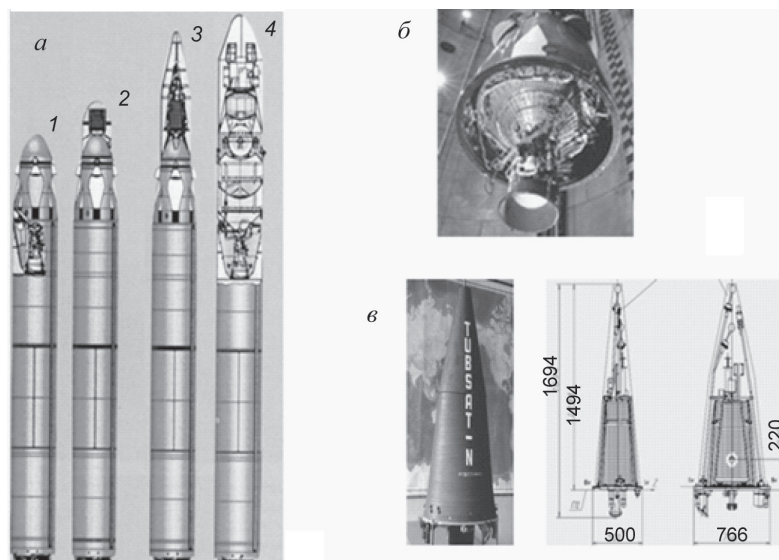


Рис. 2. Семейство ракет-носителей легкого класса «Штиль».

а — варианты размещения спутника на РН семейства «Штиль»; б — демонтаж служебных антенн и боевых блоков; в — расположение КА в специальной капсуле.

Таблица 3

Основные характеристики ракетоносителей «Штиль»

Ракетоноситель	Штиль	Штиль-2.1	Штиль-2	Штиль-3
Количество ступеней	3	3	3	3 + разгонный блок
Длина, м	14.8	16	18.3	19
Диаметр, м	1.9	1.9	1.9	1.9
Масса ракеты, т	39.3	39.7	40	44
Объем полезной нагрузки, м³	0.191	0.25	1.87	3.6
Характеристики выведения с наклоном 79°	200/400/600	200/400/600	200/400/600	200/400/800
Масса полезной нагрузки, кг	2×80/80/80	200/140/50	300/200/110	430/360/240
Система управления	Инерциальная			
Топливо	НДМГ + АТ			

Наклонение орбиты — 60—90°. Высота орбиты — 500—1000 км. Ширина полосы обзора — 6000, 3000 км. Распределение долгот восходящих узлов орбит КА — равномерное.

Результаты расчетов оценки эффективности применения космических систем для районов Северо-Восточной Атлантики и Средиземного моря сведены в табл. 4.

Анализ результатов оценки эффективности применения КС показал следующее:

— в районах Северо-Восточной Атлантики влияние ширины полосы обзора на эффективность применения КС сравнительно невысоко — 10—15 %, в низких широтах — значительное (1.5—2 раза);

— периодичность обнаружения объекта наблюдения не хуже 0.5—1.5 ч обеспечивается только 6-ю КА с большой полосой обзора, а в районах Северо-Восточной Атлантики — и с малой полосой;

— для практических целей необходимо иметь состав орбитальной группировки не менее 3-х КА с большой полосой обзора или не менее 6-ти КА с малой полосой.

Таким образом, целесообразность использования российских конверсионных ракет для вывода МКА подтверждается наличием следующих факторов:

— современный уровень развития электроники и других областей науки и техники дает возможность миниатюризации практически всех функциональных систем КА без ущерба качества получаемой информации, то есть появляется возможность использования малых космических аппаратов для решения достаточно сложных научных и прикладных задач;

— относительно небольшая стоимость создания отдельного МКА вместе с возможностью реализации группового запуска нескольких таких аппаратов позволяет значительно снизить стоимость решения различных задач мониторинга Земли;

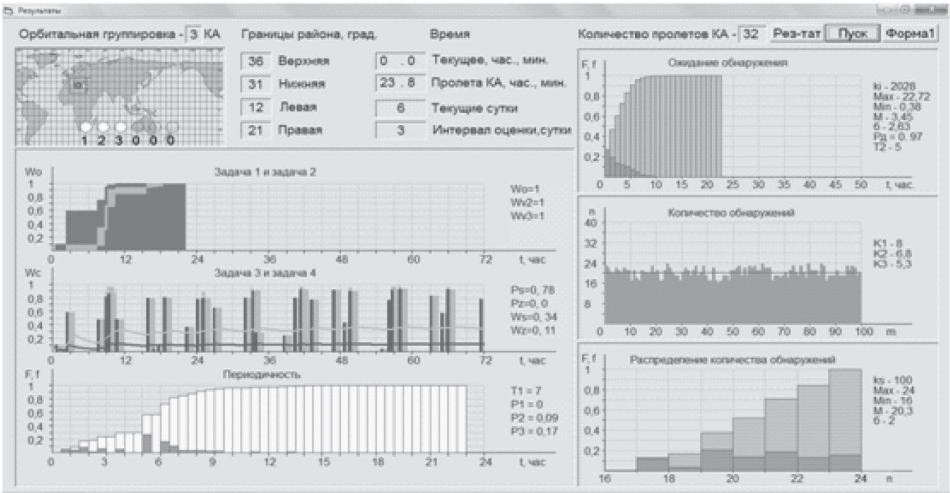


Рис. 3. Имитационно-моделирующий комплекс оценки эффективности информационных космических систем.

Таблица 4

**Оценка эффективности применения космических систем
для районов Северо-Восточной Атлантики и Средиземного моря**

№ п/п	Показатель	Количество КА					
		Северо-Восточная Атлантика			Средиземное море		
		1	3	6	1	3	6
1.	Среднее значение вероятности слежения за ОН (Туст. = 1.5 ч)	0.33	0.81	0.97	0.26	0.69	0.96
		0.27	0.76	0.96	0.10	0.34	0.66
2.	Среднее значение вероятности слежения за ОН (Туст. = 0.5 ч)	0.09	0.32	0.61	0.07	0.26	0.49
		0.07	0.25	0.49	0.03	0.11	0.23
3.	Интервал времени между обнаружениями ОН ($P \geq 0.8$), ч	14	2	1	12	3.5	1.5
		17.5	3	1.5	25	7	3.5
4.	Среднее количество обнаружений ОН в сутки	5.9	19.4	37.9	4.7	15.6	31.2
		4.7	15.1	30	1.9	6.8	14.2

— использование конверсионных ракет может позволить быстро нарастить орбитальную группировку КА;

— отсутствует необходимость больших финансовых вложений в дооборудование ракетополетчиков при условии возможности производства пусков без доработки стартовых комплексов и переподготовки личного состава, а также значительным снижением затрат на их утилизацию;

— выполнение одиночных пусков с целью вывода КА не приводит к снижению боевой готовности МСЯС;

— обеспечение значительного увеличения оперативности получения данных наблюдения за счёт создания необходимой орбитальной группировки малых аппаратов, с возможностью адаптации к конкретному району наблюдения;

— использование конверсионных ракет позволяет обеспечить устойчивость группировки к внешним и внутренним воздействиям за счёт её быстрого восполнения.

Литература

1. Овчинников М. Ю. Малые мира сего // Компьютерра. 2007. № 15. URL: <http://old.computerra.ru/2007/683/315829/> (дата обращения: 07.12.2014).
2. Севастьянов Н. Н., Бранец В. Н., Панченко В. А., Казинский Н. В., Кондранин Т. В., Негодяев С. С. Анализ современных возможностей создания малых космических аппаратов для дистанционного зондирования Земли // Труды МФТИ. 2009. Т. 1, № 3. С. 14—22. URL: https://mipt.ru/upload/804/f_edud-arphcx11tgs.pdf (дата обращения: 11.02.2015).
3. Прокопьев А. В., Кусь О. Н., Оссовский О. Н. Малые космические аппараты стандарта CUBESAT. Современные средства выведения // Вестник науки Сибири. 2014. № 2 (12). С. 71—80. URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/997/656> (дата обращения: 06.07.15).
4. Дегтярь В. Г., Данилкин В. А., Прокопьев В. К., Таращук Н. В. Направления модернизации спутниковой платформы и средств выведения в интересах создания МКА для мониторинга с учетом опыта эксплуатации МКА «Компас-2» // Вопросы электромеханики. 2008. Т. 105. С. 105—109. URL: <http://jurnal.vniiem.ru/text/105/12.pdf> (дата обращения: 12.03.2015).

Статья поступила в редакцию 14.04.2015 г.